Niveau(x) d'enseignement: 7 Numéro EDUQ : 0170299
Centre d'intérêt: 33

Tellier, Jean.

Développement intellectuel et apprentissage au niveau collégial / par Jean Tellier ; [pour la Direction générale de l'enseignement collégial, Ministère de l'éducation du Québec]. -- Saint-Jérôme : Collège de Saint-Jérôme, Service de recherche pédagogique, 1979.
40 p. ; 27 cm.

Code: 15-3123. Bibliographie: p. 36-40.

Cote Dewey: 153.15/T276d Cote LC: BF/431

Descripteur(s): *Développement de l'étudiant *Développement intellectuel *Apprentissage *Intelligence *Pensée formelle *Rendement scolaire *Revue de la documentation *Collégial (Niveau)

Identificateur(s) de nom: *Piaget, Jean

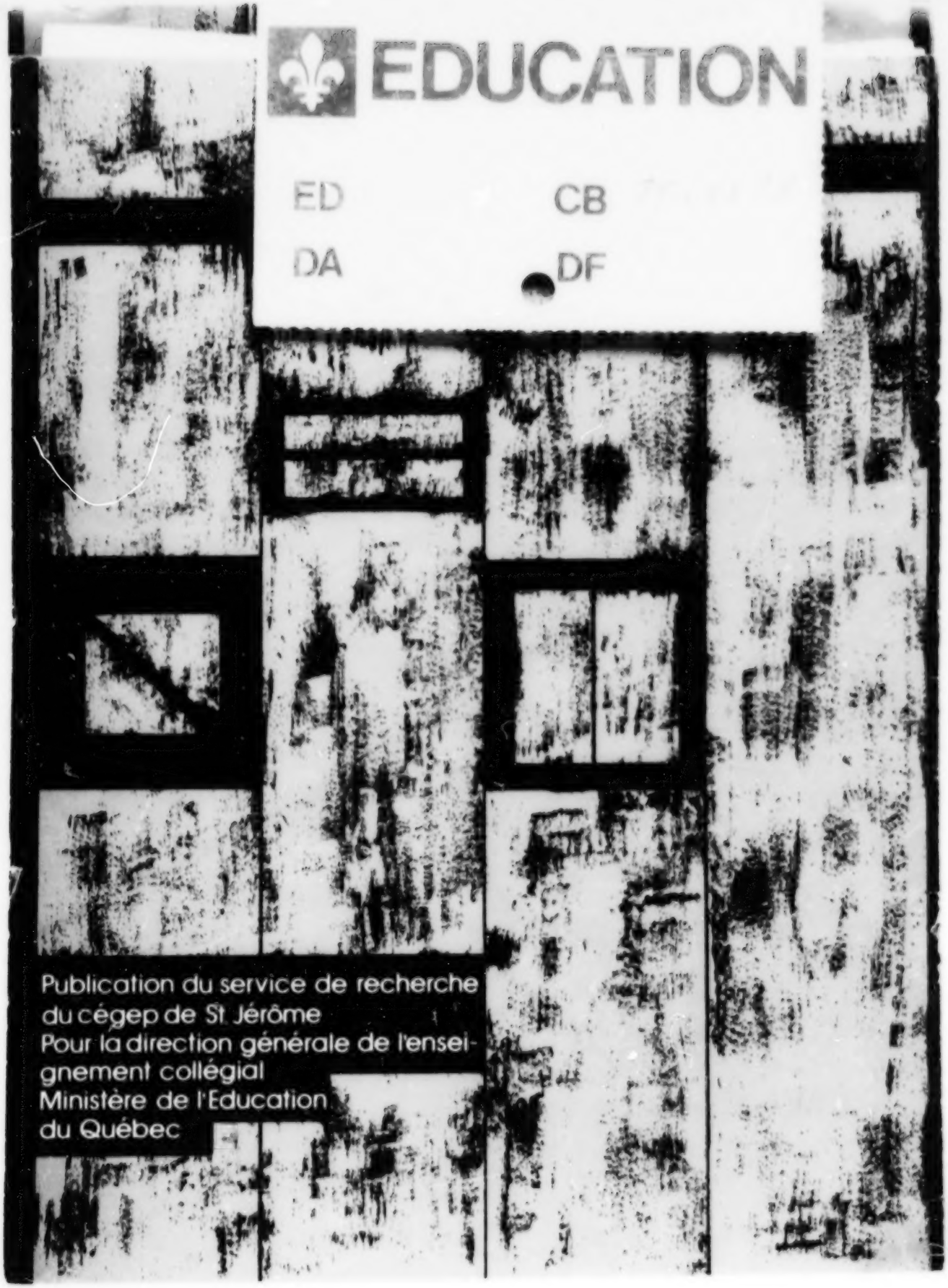
Prenant la forme d'une revue de la documentation, l'étude vise à évaluer la pertinence de la théorie opératoire de l'intelligence de Piaget pour l'analyse de certaines caractéristiques cognitives des étudiants du collégial. À partir des recherches effectuées dans le cadre du paradigme piagétien, l'ouvrage tente en particulier de mieux cerner certains problèmes soulevés par P. Desautels dans ##La pensée formelle## (1978): les opérations intellectuelles que les étudiants du collégial peuvent maîtriser, l'effet de ces opérations sur le rendement académique, la possibilité de développer leur acquisition, etc.

L'auteur procède en deux temps. Il décrit d'abord la théorie opératoire de l'intelligence, examine sa validité générale et celle de ses aspects développemental, structural et éducationnel. Puis il aborde plus particulièrement la question du stade opératoire formel: le taux de réussite aux épreuves formelles piagétiennes; la performance à une épreuve et la compétence réelle; l'influence du niveau opératoire sur les capacités d'assimilation; l'influence scolaire sur l'acquisition des schèmes formels; la signification réelle du stade opératoire formel.

L'étude met en relief certains éléments. Il appert que le paradigme piagetien a un appui empirique respectable. Par ailleurs, les structures de pensée concrètes et formelles décrites dans le modèle sont des réalités possibles malgré les interprétations divergentes de certains auteurs par rapport à celle de Piaget. Les auteurs consultés sont d'ailleurs quasi unanimes à travailler à l'intérieur du paradigme piagetien - malgré ses imperfections - pour comprendre et analyser la pensée de l'adolescent. La maîtrise des opérations formelles par le plus grand nombre leur apparaît un idéal auquel il faut tendre.

Type de document: r
Financement: Bénéficiaire - Collège de St-Jérôme

Organisme(s) source(s) - MEQ - DGEC
Programme(s) de subvention - PROSIP
Auteur de l'analyse: ar


EDUCATION
ED
CB
DA
DF
Publication du service de recherche
du cégep de St Jérôme
Pour la direction générale de l'enseignement collégial
Ministère de l'Education
du Québec

Développement
intellectuel et
apprentissage au
niveau
collégial

Page couverture: Christian Desrosiers
Assistance technique: Denis Ménard
Composition et impression: Imprimerie St-Jérôme Inc.
Dépôt légal: Bibliothèque nationale du Québec.

Développement intellectuel et apprentissage au niveau collégial

par Jean Tellier

Service de recherche pédagogique
Cégep de St-Jérôme

Mai 1979

Table des matières

Introduction 5

Chapitre I
La théorie opératoire de l'intelligence de Piaget

1. Description sommaire de la théorie de l'intelligence de Piaget 7
   1.1 Description des stades 8
   1.2 Evaluation du niveau opératoire 9
   1.3 Stade de développement et apprentissage 10
2. Validité générale de la théorie 11
   2.1 L'aspect développement de la théorie 11
   2.2 L'aspect structural de la théorie 12
   2.3 L'aspect éducationnel de la théorie 12

Chapitre II
Revue de littérature sur le paradigme piagetien

1. Taux de réussite aux épreuves formelles piagetiennes 13
   1.1 Population en général 13
   1.2 Niveau collégial 14
   1.3 Evolution du niveau opératoire au niveau collégial 15
   1.4 Variation des taux de réussite selon les concentrations et les collèges 15
   1.5 Compétence et performance 16
2. Niveau opératoire, rendement académique et compréhension des concepts 17
   2.1 Niveau opératoire et rendement académique 18
   2.2 Niveau opératoire et compréhension des concepts 19
3. Educabilité des schèmes formels 21
   3.1 La scolarisation et ses effets sur le niveau opératoire 21
   3.2 Revue des études d'apprentissage 23
4. La pensée formelle 26
   4.1 L'existence qualitative du stade opératoire formel et sa formalisation 26
   4.2 L'accession à la pensée formelle 29

Résumé et conclusion 31

Appendice A 33
Appendice B 34
Appendice C 35
Eléments de bibliographie 36

Remerciements

Nous tenons à remercier la Direction générale de l'enseignement collégial (DIGEC) qui a permis la réalisation de cette étude grâce à une subvention octroyée dans le cadre de son programme de subvention à l'innovation pédagogique.

Si nous avons pu mener à terme cette recherche, c'est aussi grâce à la collaboration de plusieurs personnes que nous tenons à remercier chaleureusement:

Monsieur Bernard Morin, reponsable du service de recherche et d'expérimentation au Cégep de Saint-Jérôme, pour son soutien et ses encouragements;

Madame Louise Allaire-Dagenais, de la Faculté des Sciences de l'Education de l'Université de Montréal, pour la prodigation de ses précieux conseils;

Les membres du département de mathématiques du Cégep de Saint-Jérôme, dont nous faisons partie, pour leur patience;

Madame Gilberte Sabourin, pour le soin remarquable apporté à la dactylographie du manuscrit;

Madame Christiane Thériault, pour l'avoir secondée dans cette tâche.

Introduction

Depuis quelques années, plusieurs professeurs au niveau collégial, dans la plupart des disciplines, se plaignent que leurs étudiants sont moins bien préparés qu'avant pour recevoir leur enseignement. A cela, on peut avancer plusieurs causes: les étudiants d'aujourd'hui sont plus jeunes, ils semblent plus ou moins décidés quant à leur orientation professionnelle, et ajoutons que les stratégies pédagogiques employées avec eux sont peut-être inadéquates. Cela pourrait être aussi une impression causée par une plus grande décentration de ces mêmes professeurs par rapport à la réalité estudiantine. Quoiqu'il en soit, les observations quotidiennes faites par les professeurs sur les difficultés scolaires des étudiants sont dans l'ensemble convergentes. Par exemple, ils trouvent que ceux-ci ont des méthodes de travail défectueuses, que certains ne maîtrisent pas la règle de trois (i.e. qu'ils ont des difficultés à contrôler un raisonnement proportionnel), qu'ils ont de la difficulté à comprendre la notion de fonction et son interprétation dans une situation donnée, qu'il leur est difficile d'analyser un texte et que certaines de leurs inférences sont douteuses et quelquefois fantaisistes. C'est avec ces remarques en tête que Désautels (1978) a voulu mesurer le niveau de maturité intellectuelle des étudiants en utilisant la théorie opératoire de l'intelligence de Piaget et les épreuves développées par son école. Il a constaté que les étudiants de son échantillon n'avaient pas, en grande majorité, terminé leur développement intellectuel et que cela influençait négativement leur rendement scolaire. Cette théorie semble également expliquer certaines des difficultés observées précédemment.

Le choix de Désautels d'utiliser le paradigme piagetien pour étudier le développement intellectuel est-il justifié? Les théories qui travaillent sur les processus intellectuels de la pensée, si on exclue les modèles psychométriques (Q.I.), sont peu nombreuses. Deux théories émergent: celle de Piaget (1974) et celle très psychométrique de Guilford (1967). Dans le premier cas nous retrouvons un modèle dynamique et dans le deuxième un modèle descriptif. Guilford (1974) lui-même dit que son modèle, loin de s'opposer à la théorie piagetienne, ne fait que l'expliciter davantage. Neimark (1975a) et Elkind (1968) affirment que le modèle de Piaget est le premier et le seul à être aussi exhaustif pour expliquer le développement intellectuel et, selon Neimark (1975a), les autres modèles ou bien dérivent de celui-ci (Pascual-Leone, 1969 et Flavell et Wohwill, 1969) ou bien en développent un aspect particulier (Neimark, 1970). Karplus (1977) énumère sept centres dans le monde qui travaillent sur l'adolescence en utilisant le paradigme piagetien. Les américains utilisent de plus en plus ce paradigme. En 1977, les répertoires "Psychological abstracts" et "Eric" dénombrent respectivement au-delà de quatorze cents références non-mutuellement exclusives et ceci, depuis 1966 seulement. A l'intérieur de ce même paradigme, Kimball (1974), Kolberg (1975), Okun et Sasfy (1977) et Neimark (1975a) relient le développement affectif du sujet à l'acquisition des différentes opérations intellectuelles.

Malgré les critiques sévères dont la théorie opératoire de Piaget est l'objet Bady (1978b) soutient qu'on doit lui laisser sa chance, ne serait-ce qu'à cause de l'absence de paradigme pour la recherche en sciences de l'éducation déplorée par Bowen (1975). D'autant plus que les diverses applications si décriées dans certains pays (Baruk, 1972) sont dues selon nous, à un trop grand empressement. Par exemple, les mathématiciens y ont vu là une occasion en or pour y faire passer leur réforme de l'enseignement. Dans leur hâte, ils ont oublié des faits psychologiques fondamentaux.

En plus de donner à l'étudiant un ensemble de techniques nécessaires à l'apprentissage et à la compréhension des éléments de son futur métier, un des objectifs fondamentaux de l'éducation est de développer chez lui son autonomie intellectuelle et affective, c'est-à-dire qu'il soit capable de raisonner logiquement, de faire preuve d'esprit critique, etc... Le transfert d'habiletés acquises à l'intérieur d'une discipline nous apparaît, par rapport à une telle problématique, comme le pivot de notre enseignement si l'on veut doter la personne de conduites et de comportements généralisables à d'autres domaines du savoir et à ses activités quotidiennes au lieu de comportements spécifiques ou de connaissances sujettes aux

coups de boutoir du progrès scientifique. A l'heure actuelle, le gros problème pour la réalisation de ces objectifs c'est un manque flagrant d'informations sur les caractéristiques cognitives et affectives de nos étudiants et les effets de celles-ci sur leur façon d'apprendre, de comprendre, de juger, de s'exprimer, etc...

Nous ne voulons pas ici résoudre un problème précis mais plutôt scruter la véracité de certaines hypothèses et leur valeur en fonction de recherches futures. Le but de ce travail est d'évaluer la pertinence du paradigme piagetien pour analyser certaines caractéristiques cognitives de nos étudiants et de répondre, à l'aide de recherches effectuées à l'intérieur de ce paradigme, aux questions initiales posées par Désautels (1978) à savoir:

Quelles sont les opérations intellectuelles que les étudiants de niveau collégial peuvent maîtriser?

L'absence ou la présence de certaines opérations mentales limite-t-elle ou favorise-t-elle l'habileté du sujet dans certaines activités intellectuelles et par conséquent affecte-t-elle son rendement académique, sa capacité d'apprendre et sa compréhension des concepts?

Les opérations intellectuelles maîtrisées par les étudiants varient-elles selon les concentrations?

Si certaines opérations mentales sont pré-requises pour les faire bénéficier au maximum de notre enseignement, pouvons-nous leur faire acquérir ces opérations et les généraliser à divers domaines?

Chapitre I

La théorie opératoire de l'intelligence de Piaget

Nous, les adultes, avons singulièrement oublié comment nous sommes arrivés à notre représentation de l'univers. Si on nous présente deux boulettes de plasticine de même grosseur et qu'on les transforme soit en les aplatissant ou soit en les allongeant, nous serons convaincus que la quantité de matière, le poids et le volume restent inchangés. En est-il de même pour les enfants? Ces convictions sont tellement enracinées en nous qu'on a l'impression de toujours avoir pensé ainsi; ce qui n'est pas le cas. Il faut attendre en moyenne jusqu'à l'âge de six ans avant que l'enfant affirme que la quantité de matière n'a pas été affectée par les transformations faites aux boulettes, il faudra attendre encore deux ans avant que celui-ci soit convaincu que le poids demeure inchangé et au moins un autre deux ans pour qu'il croit en l'invariance du volume. Piaget fut le premier à attirer l'attention sur ce type de phénomènes. Il s'est intéressé, en ce qui regarde la psychologie enfantine, au développement des concepts de temps, de distance, de vitesse, de nombre, de sériation, de classification, de hasard, de proportionnalité, de perspective, de moralité, des conservations des quantités physiques citées plus haut et du raisonnement inductif et déductif. Les oeuvres écrites de Piaget s'étendent sur plus d'un demi-siècle et couvrent, selon les dernières estimations, près de 22,000 pages, ce qui n'est pas sans causer certains problèmes. Son oeuvre touche à des domaines aussi divers en apparence que la biologie (la discipline dans laquelle il a été formé), la psychologie (psychologie de l'intelligence, mémoire, perceptions, etc.), la sociologie, ainsi que la logique. Pour aborder la lecture d'une telle oeuvre, Droz et Rahmy (1974) nous fournissent un guide précieux. On trouvera dans Piaget (1970b, 1964) ou Piaget et Inhelder (1969, 1966) une description sommaire de sa théorie de l'intelligence.

1. Description sommaire de la théorie de l'intelligence de Piaget

Pour Piaget, la vie psychique ne se développe que par un échange entre le sujet et le milieu. Il postule que la connaissance, loin d'être un état statique, est un processus. A son avis, l'intelligence est une fonction biologique qui consiste à adapter l'homme au réel. Cette fonction se développe à partir des schèmes réflexes innés que possède le nourrisson, par exemple, le réflexe de succion, de préhension, etc. et se termine à l'adolescence par l'acquisition de la logique adulte. Le développement de cette fonction sera le fruit des actions du sujet et une coordination générale de celles-ci sous forme de schèmes, le tout, suivant une génèse au tracé bien précis.

Point de vue de l'adaptation: ce concept se divise en deux sous-ceoncepts, celui de l'assimilation et celui de l'accommodation. L'assimilation est le mécanisme qui permet au sujet d'incorporer le milieu à ses schèmes de pensée (i.e. agir sur celui-ci). L'accommodation consiste à ajuster les schèmes pour qu'il y ait assimilation. Lorsqu'un schème est préaccommodé à toutes les variations d'une réalité donnée, nous avons alors un état d'équilibre.

Point de vue de l'action: la construction des schèmes est le fruit de l'action car, on ne peut connaître que par l'intermédiaire de celle-ci et on ne connaît pas seulement l'objet mais également le résultat des actions introduites dans l'objet (i.e. l'expérience physique et l'expérience logico-mathématiques). Les actions s'intériioriseront de plus en plus, devenant des opérations réversibles et l'intelligence (lorsqu'en équilibre structural) sera une coordination générale des opérations mentales. C'est la structuration des actions qui permet au sujet de transformer et d'assimiler le réel. Comprendre, c'est opérer.

Point de vue génétique: nous n'héritons pas des structures cognitives, nous les construisons. Cette construction ne se fait pas de façon cahotique ou désordonnée, mais par étapes, chacune constituant un palier d'équilibre. Chaque palier d'équilibre est nécessaire à la construction du suivant. L'ordre de succession des acquisitions est invariant et chaque palier d'équilibre d'un niveau donné est intégré dans le suivant, chacun constituant une structure d'ensemble. Pour chaque palier d'équilibre, il y a une période de préparation et une période de consolidation. Les paliers d'équilibre sont qualitativement différents les uns des autres.

Aux facteurs traditionnellement considérés pour expliquer le développement, Piaget ajoute l'équilibra-

tion à la maturation nerveuse, à l'expérience et à la transmission sociale au sens large. Tous ces facteurs sont nécessaires, mais non suffisants pour expliquer le développement. Ce facteur ajouté par Piaget lui apparaît le plus important. C'est qu'une découverte, une notion nouvelle, une affirmation, doivent s'équilibrer avec les autres. Il faut tout un jeu de régulation et de compensation pour aboutir à une cohérence (Piaget, 1972).

1.1 Description des stades

Le développement de l'intelligence, selon Piaget, se fait en trois grandes étapes, stades ou paliers d'équilibre, le dernier étant final. A partir de celui-là, le sujet aura les opérations nécessaires et structurées d'une façon telle qu'il pourra toujours s'accommoder de la réalité. Ces étapes sont: la période de l'intelligence sensori-motrice, la période représentative concrète (pré-opératoire, opératoire), et la période des opérations formelles. Chacune des étapes a sa structure qui consiste en un ensemble coordonné de possibilités intellectuelles. Ces stades sont une description des conduites intellectuelles apparaissant à divers moments du développement et ils n'expliquent en rien le développement lui-même. Ils ont l'avantage de simplifier et d'unifier des données qui autrement seraient hétérogènes.

Période de l'intelligence sensori-motrice (0-1.5 ans): à partir de schèmes très primitifs, le bébé aura à acquérir la notion de la permanence de l'objet. En effet, pour celui-ci, il y a une indifférenciation complète entre lui et le monde et il aura à passer par six sous-stades bien définis pour arriver à construire cet invariant essentiel à toute pensée. Cette acquisition permet à l'individu d'avoir une représentation mentale du monde (l'existence de l'objet devient indépendante de sa présence ou de son absence de son champ visuel). Grâce à cette permanence, le sujet sera apte à assimiler une réalité plus grande, ce qui provoquera des déséquilibres, donc, la possibilité de nouvelles accommodations pour rétablir l'équilibre entre lui et le milieu (Piaget, 1936).

Période représentative concrète (1.5 - (11-12) ans):

a) sous-période pré-opératoire (2-(5-6) ans): durant ce sous-stade, le sujet acquiert une conservation qualitative de l'objet qui est en soi un prolongement de la permanence de l'objet (i.e. les objets conservent leur identité propre même s'ils subissent certaines transformations). La notion d'identité est un invariant essentiel à l'acquisition des conservations quantitatives (substance, poids, longueur, etc.).

b) sous-période opératoire concrète (6-(11-12) ans): "La pensée ne s'attache plus aux états particuliers de l'objet comme au stade précédent, mais elle s'astreint à suivre les transformations successives elles-mêmes... et elle ne procède plus d'un point de vue du sujet, mais coordonne tous les points de vue distincts en un système de réciprocités objectives" (Piaget, 1947, p. 170). Le sujet acquiert les différentes conservations des quantités physiques, (Piaget et al. 1941) la notion de classification, de sériation, la notion du tout et de la partie, bref, la logique des classes et des relations (Inhelder et Piaget, 1959). Cela s'étend aussi à la notion d'espace qui devient métrique (Piaget et al. 1948) au temps, à la vitesse, à la notion de causalité, etc. Pour pouvoir réaliser cela, le sujet doit être capable de réversibilité (i.e. de composer mentalement et simultanément deux opérations inverses l'une de l'autre). Chaque opération réversible forme une structure qui s'appelle le groupement. "Le groupement réalise ainsi, pour la première fois, l'équilibre entre l'assimilation des choses à l'action du sujet et l'accommodation des schèmes subjectifs aux modifications des choses" (Piaget, 1947, p. 170). Le sujet aura à construire huit groupements logiques et deux groupes numériques (Piaget, 1942). L'accession à la conservation équivaut à l'acquisition d'invariants fonctionnels, de points de départ et de références stables pour les compositions et coordinations ultérieures de la pensée. La notion de conservation est aussi importante pour la pensée spontanée de l'enfant que pour l'élaboration de principes scientifiques. Mais si la pensée est ainsi devenue opératoire, sa mobilité et sa réversibilité se manifestent seulement en s'appliquant à des objets manipulables

et non à des énoncés verbaux. C'est seulement à la période suivante que l'enfant devient capable de dissocier la forme logique et le contenu auquel elle s'applique, de raisonner par hypothèse et abstraitement.

Les opérations formelles (11-(14-15) ans): la possibilité de faire des opérations sur des opérations, de raisonner à la "seconde puissance" et la pensée hypothético-déductive qui subordonne le réel au possible, constituent les deux principaux aspects de cette phase ultime du développement intellectuel. C'est aussi le passage d'une logique intrapropositionnelle à une logique interpropositionnelle. Ceci ne veut pas dire que le sujet opératoire concret ne peut faire d'hypothèses et les vérifier, mais plutôt que ce sujet, dans une situation donnée, ne pourra produire l'hypothèse gagnante car il ne peut construire l'ensemble des possibles (schème combinatoire) qui exige la capacité d'opérer sur des opérations (i.e. opérer sur le résultat d'opérations déjà effectuées). Cette capacité est aussi le produit d'une coordination plus générale des actions mentales existantes, qui se réalise par la maîtrise du sujet du schème de double réversibilité. Au niveau concret, le sujet possède la réversibilité par inversion et la réversibilité par réciprocité, mais il les manipule d'une façon indépendante l'une de l'autre. Le sujet formel est capable, par contre, de coordonner ces deux formes de réversibilité en une seule structure. Cette structure s'appelle le groupe I.N.R.C. ou le groupe des quatre transformations de Klein à laquelle Piaget lie intimement la possession de la logique interpropositionnelle (Piaget et Inhelder, 1955). Cette logique est également liée à la structure combinatoire qui porte aussi bien sur les objets que sur les jugements et qui produit les seize opérations logiques binaires de la logique interpropositionnelle. La construction de ces différents schèmes se réaliserait de façon concomitante. Le sujet sera maintenant capable de raisonner verbalement, de maîtriser les proportionnalités, la notion de probabilité, de corrélation et de densité et d'induire des lois expérimentales en appliquant le principe "toutes choses égales d'ailleurs". Dans ce troisième stade, l'acquisition des opérations formelles se fait en deux paliers: le premier (3A) consiste en l'élaboration des structures formelles et le second (3B) correspond à l'aboutissement de cette élaboration. Par exemple, au palier 3A, il y a compréhension des proportions, mais il faut attendre le palier 3B pour que le sujet soit capable de formuler les hypothèses et de structurer une expérimentation pour les vérifier.

1.2 Evaluation du niveau opératoire

Inhelder a imaginé une quinzaine d'épreuves reliées à des systèmes physiques simples pour évaluer le niveau opératoire d'un sujet. C'est le comportement du sujet face aux différentes situations qui lui sont soumises qui déterminera son niveau opératoire. Les épreuves sont administrées cliniquement, c'est-à-dire, que la passation de l'épreuve est individuelle, qu'on présente au sujet un matériel qu'il peut manipuler et que le temps de réflexion accordé n'est pas limité; on lui donne aussi toutes les chances de manifester son savoir-faire soit en intervenant pour le motiver, soit en s'assurant qu'il a bien compris les consignes ou encore, en l'incitant à exprimer sa démarche.

En utilisant l'épreuve des oscillations du pendule (Inhelder et Piaget, 1955, p. 63), nous illustrerons l'évaluation du niveau opératoire d'un sujet. La technique consiste simplement à présenter un pendule sous forme d'un solide suspendu à une ficelle, en fournissant au sujet de quoi faire varier la longueur de celle-ci, les poids des objets suspendus, la hauteur de chute, le problème étant de trouver le facteur qui conditionne la fréquence.

- Au niveau pré-opératoire, le sujet intervient sans cesse lui-même dans les mouvements du pendule sans pouvoir dissocier l'élan qu'il donne des mouvements indépendants de son action.

- Au niveau opératoire concret, les sujets sont capables de sérier les longueurs, les hauteurs, etc., et de juger objectivement des différences de fréquence. Ils parviennent ainsi à des correspondances exactes au point de vue de l'expérience brute, mais ils n'arrivent pas à dissocier les facteurs sinon en ce qui concerne l'élan.

- Au niveau opératoire formel 3A, le sujet a des opérations suffisamment ébauchées pour permettre certaines inférences, mais non encore assez organi-

sées pour fonctionner à titre de schéma anticipateur (i.e. qu'il peut évaluer l'effet d'au moins une variable, mais il est incapable de démontrer l'effet de tous les facteurs).

- Au niveau opératoire formel 3B, le sujet parvient à dissocier tous les facteurs en jeu (élan, poids, longueur du pendule, la hauteur de chute) par la méthode consistant à en faire varier qu'un à la fois et à maintenir le "toutes choses égales d'ailleurs". Ceci conduit à une solution correcte et complète du problème.

1.3 Stade de développement et apprentissage

Une des conséquences importantes de la théorie est que la capacité d'apprentissage d'un sujet et sa compréhension des concepts sont liées à la capacité d'assimilation de ses schèmes de pensée. Nous donnerons ici brièvement les capacités qui sont reliées au stade opératoire concret et formel. La description et le tableau comparatif sont tirés de Karplus (1977).

Au stade opératoire concret, le sujet peut:

C-1) faire des classifications et des généralisations sur la base de critères observables,
(ex.: tous les chiens sont des animaux, mais tous les animaux ne sont pas des chiens);

C-2) utiliser les différentes conservations,
(ex.: une quantité reste la même si rien ne lui est ajouté ni enlevé; deux quantités égales donnent des résultats égaux s'ils sont sujets à des transformations similaires;

C-3) sérier et établir une correspondance biunivoque (terme à terme) entre deux ensembles observables).

L'ensemble des capacités est grand, mais limité si on le compare au niveau suivant. Quand un individu maîtrise les opérations formelles, il peut:

F-1) faire la classification des classifications, utiliser la logique des conservations, assimiler les

---

Modèle * du raisonnement concret et formel

CONCRET	FORMEL
a) le sujet a besoin de se référer à des actions et objets familiers de même qu'à des propriétés observables;	a) le sujet peut raisonner avec des concepts, des rapports et relations entre ceux-ci, des propriétés abstraites, axiomes et théories. Il peut utiliser des symboles pour exprimer des idées;
b) le sujet utilise les structures de raisonnement C1-C3 et ne peut utiliser F1-F5;	b) il peut utiliser aussi bien les structures de raisonnement F1-F5 que C1-C3;
c) le sujet a besoin pour une procédure un peu longue d'un enseignement "pas à pas";	c) en ayant certains buts généraux et des ressources particulières, le sujet peut retrouver ou déterminer une procédure assez longue;
d) le sujet ne peut pas prendre conscience de son propre raisonnement, des inconsistances de ses propres jugements ou de contradictions avec d'autres faits connus;	d) il peut prendre conscience et critiquer ses propres raisonnements; il peut activement vérifier la validité de ses conclusions en se basant sur d'autres informations connues;
e) mobilité de la pensée limitée.	e) très grande mobilité de la pensée.

** Tiré de Karplus (1977).*

concepts et les propriétés abstraites, (axiomes et théories);

F-2) utiliser un schème combinatoire pour trouver l'ensemble des possibles;

F-3) énoncer et interpréter des rapports fonctionnels sous une forme mathématique;

F-4) reconnaître la nécessité d'un schème expérimental qui contrôle l'ensemble des variables sauf celle qui doit être étudiée, (le principe de "toutes choses égales d'ailleurs");

F-5) réfléchir sur son propre raisonnement et voir s'il y a des inconsistances ou contradictions avec d'autres faits connus.

2. Validité générale de la théorie

Ce qui ressort de la théorie piagetienne de l'intelligence, c'est que celle-ci se construit et passe par divers paliers d'équilibre. Ces divers paliers d'équilibre correspondent à des structures qualitativement différentes qui transforment la réalité sans pour autant nier les acquisitions antérieures, mais qui les renouvellent sur un plan supérieur. La capacité de conserver les différentes quantités physiques est reliée à la possession d'opérations réversibles. Les structures concrètes et formelles sont caractérisées par la réversibilité des opérations: à l'opératoire concret, nous avons des opérations réversibles, soit par inversion ou par réciprocité, alors qu'à l'opératoire formel, c'est la combinaison de ces deux formes de réversibilité en une seule structure. A chaque stade de son développement, le sujet a des capacités cognitives très précises en ce qui regarde l'assimilation de la réalité et de la lecture des phénomènes réels. Le développement intellectuel est le produit des activités du sujet et est assujetti au milieu.

Il ne faut donc pas s'étonner, qu'avec une théorie de cette ampleur, touchant à des problèmes aussi complexes, sur une période aussi névralgique et longue de la vie humaine, on puisse découvrir plusieurs points de friction avec les études expérimentales. N'oublions pas que c'est la première tentative du genre. Les critiques ou les points de friction ne sont d'ailleurs pas autour de la notion de développement avancée par la théorie comme nous le verrons plus loin, mais sur le mécanisme même ou sur l'attribution d'une notion dans un stade donné ou, sur la notion même de stade ou encore sur la capacité d'assimilation des sujets à un stade donné.

2.1 L'aspect développemental de la théorie

Au départ, la théorie piagetienne avait une base expérimentale très réduite (Flavel, 1963). Cette lacune fut vite comblée. Ausubel (1968) cite une vingtaine d'études qui trouvent, dans l'ensemble, les faits avancés par Piaget. Brainerd (1978) qui a repris les principales épreuves piagetiennes et fouillé à fond les études existantes trouve en général que les résultats concordent avec la théorie piagetienne malgré qu'il soit très critique vis-à-vis d'elle. Dans l'ensemble, l'âge moyen d'acquisition des stades est respecté et l'acquisition des différentes conservations suit l'ordre hiérarchique prévu par Piaget; ceci à peu près sous toutes les latitudes, mais à des rythmes divers, chez des civilisations différentes, et même à l'intérieur d'une civilisation donnée, par exemple, entre des enfants ruraux et des enfants urbains et cela, en faveur de ces derniers. L'influence du milieu culturel et socio-économique et le degré de scolarisation jouent un rôle certain sur le rythme d'acquisition des différentes structures. Piaget (1970b) cite une étude dans laquelles les enfants martiniquais accusaient un retard de deux à quatre ans par rapport à ceux de Montréal malgré le fait que le programme scolaire de ceux-ci soit le même qu'en France.

Ces dernières études se centraient davantage sur le stade sensori-moteur et opératoire concret et sur les acquisitions reliées à ceux-ci. En ce qui regarde le niveau opératoire formel le tableau est beaucoup moins clair. Plusieurs études confirment cependant que la puissance intellectuelle de l'adolescent va en s'accroissant avec l'âge et le niveau scolaire et ceci, d'une façon systématique (Shayer et Wylam, 1978; Shayer et al, 1976; Lawson, Karplus, Adi, 1978; Allaire-Dagenais, 1977). Neimark (1975a) tire la même conclusion après avoir analysé différents travaux. Si dans les différentes études, l'âge d'accession au stade formel coincide en gros avec les prévisions piagetiennes, il n'en est pas de même quant à la

phase d'achèvement de ce dernier palier d'équilibre (voir chapitre II.1). Même si dans l'ensemble, Allaire-Dagenais (1977) a des résultats se situant dans la ligne des hypothèses piagetiennes concernant la composition interne de la pensée opératoire formelle, elle n'a pu intégrer dans son tableau, et ceci est important, les épreuves de logique interpropositionnelle ressortissant des deux structures de base (combinatoire et double-réversibilité). Nous approfondirons cette question dans le chapitre II.4.1.

2.2 L'aspect structural de la théorie

Le problème des stades est très discuté dans la littérature. Si certains sont d'accord sur la valeur heuristique de ceux-ci, ils sont loins d'être convaincus qu'ils forment des totalités qualitativement différentes. Le synchronisme du développement des divers groupements autant que celui des schèmes formels sont très contestés. Brainerd (1978b) se fait le porte-parole des critiques accumulées depuis dix ans sur ce propos. Ce texte est commenté par vingt-cinq spécialistes et situe assez bien le problème. Selon certains, le texte de Brainerd (1978b) est rempli de falsifications que les commentateurs n'ont pas toujours su relever. Les commentaires de Fischer, Karmilanoff-Smith, Klahr, Olson, Seigler et Uzgiris sont des mises au point excellentes. Les textes de Pinard et Laurendeau (1969), Flavell (1971), Wohlwill (1973, chap. IX) sont également indiqués pour comprendre cet épineux problème.

2.3 L'aspect éducationnel de la théorie

Plusieurs tentatives d'apprentissage des différentes conservations ont été réalisées avec succès en utilisant ce concept-clé qu'est la réversibilité des opérations (Brainerd, 1978). Gattegno (1965), en appliquant la notion de réversibilité à des règles algébriques, a augmenté chez ses sujets leur compréhension de celles-ci et leur habileté à les manipuler. Jaulin-Mannoni (1973) a réalisé des apprentissages des structures logiques élémentaires en se centrant sur l'équilibration (au sens piagetien du terme) qui donne à la structure son caractère de totalité. Quant à l'hypothèse qui veut que l'absence de certaines structures de pensée chez un sujet limite sa capacité d'apprentissage par rapport à certains concepts, Brainerd (1978a) dit que la recherche ne la supporte pas. Il affirme aussi que les méthodes tutorales comme l'apprentissage par règles, par observation, par imitation ou par feed-back sont de meilleurs moyens pour faire acquérir des concepts que l'emploi de méthodes actives préconisant leur découverte par le sujet lui-même. Déjà Baruk (1972) souligne qu'à cause des bruits de fond inhérants, selon elle, aux méthodes actives, celles-ci sont la cause de fausses inférences et de l'acquisition de mauvaises règles provoquant ainsi des troubles d'apprentissage. Cependant, plusieurs études citées par Brainerd ont produit des artéfacts faussant ainsi les résultats. Pour ce qui est de l'absence de liens entre la capacité d'apprendre ou d'assimiler différents concepts et les structures de pensée, plusieurs auteurs contredisent Brainerd comme nous le verrons dans le chapitre II.2.2. Jusqu'à maintenant, les tentatives pour appliquer la théorie à l'école n'ont pas toujours donné des résultats très heureux, en particulier, celles qui ont fait trop confiance à l'activité spontanée de l'enfant sans l'avoir au préalable structurée. De nouvelles tentatives, beaucoup moins globalisantes, moins dogmatiques et plus limitées dans leur objet, s'articulent et semblent très prometteuses.

Les résultats répertoriés respectivement par Ausubel (1968), Noimark (1975), Brainerd (1978) correspondent en gros à la thèse piagetienne, mais n'arrivent pas, selon eux, à la démontrer. L'aspect développemental est confirmé et nous avons de bonnes justifications appuyant son aspect opératoire. Beaucoup de points restent obscurs et d'autres n'ont pas encore fait l'objet de recherches systématiques. Les stades ont une valeur heuristique certaine. Quel que soit le sort qui attend sa théorie opératoire de l'intelligence, Piaget a attiré l'attention de la communauté scientifique sur de nombreux phénomènes psychologiques dont l'importance est incontestable.

Chapitre II
Revue de littérature sur le paradigme piagetien

En ce qui regarde le côté macroscopique du stade opératoire concret, les études expérimentales confirment en gros la thèse piagetienne. Nous avons déjà noté dans le chapitre précédent qu'au niveau formel, certaines difficultés semblaient émerger. Ce chapitre va porter essentiellement sur le stade opératoire formel. Nous essaierons d'établir, à l'aide des différentes études qui ont été faites, le taux de réussites obtenues aux épreuves formelles piagetiennes trouvées dans la population en général et chez des étudiants de niveau collégial. Nous évaluerons également le problème épineux de la performance d'un sujet à une épreuve et de sa compétence réelle. Nous vérifierons si le niveau opératoire (concret-formel) d'un sujet influence ses capacités d'assimilation, c'est-à-dire, son rendement académique et sa compréhension des concepts. Nous nous intéresserons ensuite à l'influence scolaire sur l'acquisition des schèmes formels, de même que la possibilité de provoquer un apprentissage direct des opérations dites formelles. Finalement, nous analyserons la signification réelle du stade opératoire formel et nous nous interrogerons sur certains facteurs qui affectent le développement des opérations formelles.

1. Taux de réussite aux épreuves formelles piagetiennes

Selon la théorie, nous pourrions avoir l'assurance, étant donné la moyenne d'âges des étudiants de niveau collégial, qu'une majorité imposante a terminé son développement intellectuel, d'autant plus que c'est une minorité qui accède à ce niveau et par conséquent, ceux-ci ont les structures de pensée nécessaires à l'assimilation des concepts qui leur sont enseignés. Qu'en est-il exactement? Pour y répondre, nous avons répertorié dans un premier temps différentes revues de littérature relativement récentes et, dans un deuxième temps, nous avons ajouté des études non répertoriées par les revues précédentes. Avant de répondre pour le niveau collégial, nous verrons ce qui en est du taux de réussite aux épreuves dans la population en deça et au-delà de ce niveau. Après coup, nous regarderons s'il y a évolution du niveau opératoire chez les étudiants de niveau collégial. Par la suite, nous nous interrogerons sur les variations possibles des taux de réussite selon les différentes orientations que nous avons dans nos collèges; nous comparerons également ces variations dans les différents collèges. Finalement, nous aborderons la délicate question de la validité des instruments de mesure utilisés par les différents auteurs: les instruments sont-ils biaisés? (i.e. les instruments mesurent-ils bien ce qu'ils veulent mesurer?)

1.1 Population en général

Blasi et Hoefel (1974), suite à une revue assez étendue de la littérature, soit une vingtaine d'études ayant utilisé les épreuves d'Inhelder et Piaget (1955), affirment qu'il n'est pas facile de tracer un portrait cohérent des études disponibles. Les échantillons ne sont pas comparables, les épreuves utilisées varient d'une étude à l'autre et produisent des résultats différents, et ce qui est plus important encore, il n'y a pas d'ententes claires sur l'établissement de règles décidant si un individu possède ou ne possède pas une structure formelle. Néanmoins, ils se sentent obligés de conclure qu'un pourcentage important d'individus à l'intelligence normale et appartenant à un milieu social moyen, non seulement à l'âge de l'adolescence mais aussi à l'âge adulte, n'ont pas atteint le stade opératoire formel. Neimark (1975) dans une étude très exhaustive sur le développement intellectuel de l'adolescent conclut, en dépit des raccourcis méthodologiques des recherches existantes, que le niveau opératoire formel est loin d'être universellement atteint. Dans des revues plus modestes mais ajoutant quand même des travaux non répertoriés par les deux premiers auteurs, Chiappeta (1975), Levine et Linn (1977), Jansson (1974), Berzonsky (1978) et Martorano (1977) sont aussi de cet avis.

Allaire-Dagenais (1977), dans une très bonne revue de littérature, a divisé les recherches en fonction des différents schèmes formels étudiés: (schèmes relevant du groupe I.N.R.C. (volume, proportionnalité, corrélation); schèmes relevant de la structure combinatoire (combinaisons et permutations); schè-

mes mixtes relevant des deux structures de base (logique interpropositionnelle, dissociation des facteurs, etc.). Dans le premier groupe, ce n'est pas avant quinze ans qu'une majorité de sujets se révèlent aptes à raisonner d'une manière formelle. Dans le deuxième groupe, la phase d'achèvement aurait lieu après quinze ans et pour le dernier groupe, les pourcentages des réussites observés ne dépassent pas 50% à l'âge de quinze ans et 63% aux âges de seize et dix-sept ans, quelle que soit l'opération logique étudiée. Shayer et al (1976), Shayer et Wylam (1978), avec un échantillon au-dessus de mille, trouvent des résultats similaires.

Schircks (voir Higelé (1974), obtient les résultats suivants avec 488 adultes inscrits aux cours du soir et évalués au début de leur formation: concret (.10), pré-formel (.54), formel (A) (.22) et formel achevé (B) (.14). Wason et Johnson-Laird (1972), avec des épreuves non-piagetiennes, ont trouvé que seulement 5% d'adultes intelligents étaient capables de donner la bonne réponse dans une épreuve où l'opération étudiée était l'implication. Siwek (1973) avec des étudiants de 16-17 ans, en Pologne, et Adda (1972) avec des étudiants universitaires adultes, en France, avec également des épreuves non piagétiennes de logique propositionnelle ont des résultats peu encourageants. Ross (1976), Berzonsky et al (1975), etc., sont d'accord avec Piaget quand celui-ci affirme que:

> In some circumstances, the appearance of the formal operations may be delayed to the years between fifteen and twenty. Also, there is the possibility that perhaps in extremely disadvantageous conditions, such a type of thought will never really take shape (p. 7)

1.2 Niveau collégial

Au niveau collégial, trouve-t-on de semblables taux de réussites? Pour répondre à cette question, nous avons répertorié et analysé des recherches américaines portant sur ce niveau et qui ne sont pas comprises dans les revues précédentes, sauf les deux premières illustrant le degré d'acquisition d'un concept supposément à la portée de tous. Elkind (1962) a trouvé que seulement 58% des étudiants de niveau collégial avaient une idée abstraite de la notion de volume (voir Piaget, 1961). Towler et Wheatley (1971) avaient, quant à eux, 61% de réussite. Ce concept est à la frontière de l'opératoire concret et de l'opératoire formel. Elkind a trouvé une différence sensible selon les sexes (72% pour les garçons et 52% pour les filles). McKinnon et Renner (1971) ont administré cinq épreuves piagetiennes à un échantillon d'étudiants à leur entrée dans sept institutions collégiales ou universitaires moyennes, spécialisées dans différents domaines et de milieux socio-économiques différents: ils ont trouvé qu'une majorité d'étudiants fonctionnaient au niveau opératoire concret et que des différences significatives existaient entre ces institutions. McKinnon (1970) dans une autre recherche, et dans une seule institution, avait 51% de ses sujets à ce niveau. Lawson et al (1975) ont trouvé avec des étudiants universitaires: concret (.17), transition (.66), formel (.17), l'âge de leur échantillon variant entre 18 et 20 ans. Avec un autre groupe, les mêmes auteurs (1974) ont eu comme résultats: concret (.39), transition (.50), formel (.11), l'âge variant entre 17.5 et 20.5 ans. Kolodiy (1977) avec deux groupes d'étudiants de concentrations scientifiques dont un en 1ère année de collège et l'autre au High School,* a trouvé les résultats suivants: dans le premier groupe, concret (.08), transition (.60), formel (.25). Martorano (1977) dans une très belle étude avec des sujets dans leur 12e année de scolarité et avec dix épreuves piagetiennes confirme les résultats précédents. Lawson et al (1978), Griffith (1976), Bauman (1976), Schwebel (1975), O'Brien (1973), Kolberg et Gilligan (1971) ont des résultats semblables. Parmi les études précédentes, certaines ont été faites avec des efforts sensibles sur la méthodologie, en particulier celles de Lawson et de Martorano. Les études sur le niveau collégial contenues à l'intérieur des revues citées dans la section précédente abondent dans le même sens.

Actuellement, au Québec, où seulement 26% de chaque génération fréquente le collège, qu'en est-il

* En termes d'âge et de niveau de scolarité, notre 1ère année de collège équivaut à la 12e du High School américain, et notre 2e à celle de leur 1ère année de collège ou d'université.

exactement? Nous avons eu connaissance de deux études.

Désautels (1977) qui a administré trois épreuves formelles à 95 étudiants des sciences de la santé au Cégep de Rosemont a les résultats suivants: concret (.11), transition (.76), formel (.13). Aubé-Tremblay (1971) avec des étudiants universitaires, trouve un taux moyen de réussites à une épreuve d'implication. Nous-même, en faisant un rapide sondage, sans aucune prétention, auprès de nos étudiants et en utilisant un test écrit préparé par Longeot (1968), avons trouvé un taux de réussites de 50% à une épreuve de permutation et, à des épreuves de logique propositionnelle (contraposée et implication) des résultats respectifs de 40% et 20% de réussites chez les sujets testés. A première vue, une différence semblait se dégager entre les groupes.

1.3 Evolution du niveau opératoire au niveau collégial

Après avoir progressé d'une façon significative au niveau secondaire (voir Allaire-Dagenais, 1977; Martorano, 1977; Neimark, 1975 a) le développement intellectuel de l'étudiant poursuit-il sa course au niveau collégial? Piaget (1972) lui-même avance l'hypothèse d'une telle évolution. Lawson et al (1978), dans une très belle étude, trouvent une évolution du niveau opératoire chez les étudiants de 10e, 12e, 13e et 14e années. Idem pour Kolodiy (1977). McKinnon (1970) (voir Renner et al, 1976) a voulu voir les effets d'un cours appelé "Forum for scientific-inquiry" sur l'évolution du mode opératoire de l'étudiant. Il a formé avec ses sujets un groupe expérimental et un groupe contrôle; il nota une évolution pour les deux groupes, mais son groupe expérimental avait un gain net de plus de 50% par rapport à l'autre. Blake et Nordland (1978) ont repris l'expérience en incluant un cours de mathématiques de huit semaines. Ils ont noté une évolution marquée pour les deux groupes après seulement un semestre, sans constater de différence de l'un par rapport à l'autre.

1.4 Variation des taux de réussite selon les concentrations et les collèges

Y aurait-il des différences entre les taux de réussite des différentes concentrations que nous retrouvons dans nos collèges? Enwienne (1976) a trouvé des différences significatives dans le taux de réussite aux épreuves selon la concentration des étudiants. Les résultats de Lawson (1974) montrent une différence sensible entre trois groupes d'étudiants de niveau secondaire (12e année) en biologie, en chimie et en physique; au niveau concret, les résultats étaient respectivement de .65, .22 et .36. Chiappetta et Witfield (1974) avec des étudiants de fin secondaire ayant les orientations suivantes: "Vocational", "general" et "college prepatory" (par rapport au système québécois cela pourrait correspondre aux secteurs professionnel secondaire, professionnel et général au collégial) obtiennent respectivement les résultats suivants: .62, .54 et .27 des sujets opératoires concrets. En prenant ces derniers résultats comme indice possible et en observant les concentrations des étudiants des différents échantillons des recherches répertoriées et les résultats de McKinnon et Renner (1971), nous pouvons supposer qu'il y aurait dans nos collèges des différences sensibles entre des groupes d'étudiants de concentrations différentes. Une autre indication pour appuyer cette hypothèse nous vient de la théorie de Witkin sur les styles cognitifs (nous élaborerons davantage dans l'appendice A sur ce paradigme). Selon Witkin et al (1977) le choix de carrière de l'étudiant (concentration) serait relié à son style cognitif (indépendance - dépendance à l'égard du champ). Selon Case et Globerson (1974), en se basant sur Pascual-Leone (1969), le rythme d'évolution du niveau opératoire d'un sujet pourrait être influencé par son style cognitif. Les plus indépendants à l'égard du champ accéderaient plus rapidement au niveau opératoire formel que les dépendants. Dans l'étude de McKinnon et Renner (1971), la différence sensible de performance obtenue par les étudiants de sept institutions collégiales, nous font soupçonner qu'au Québec une différence dans le taux de réussite pourrait aussi se dégager selon les régions ou les collèges sont implantés. La section 3.1 du présent chapitre renforcit notre hypothèse comme quoi on ne peut généraliser à l'ensemble du réseau collégial les résultats obtenus à l'intérieur d'un collège.

1.5 Compétence et performance

Des recherches analysées, nous avons pu dégager qu'une majorité d'étudiants au niveau collégial n'utilisent pas des schèmes de niveau formel à des épreuves les exigeant, cette même conclusion s'applique aussi pour la population en général. Plusieurs questions nous viennent à l'esprit. La structure d'ensemble qui caractérise le niveau opératoire est-elle une réalité psychologique? Ne pourrions-nous pas expliquer autrement que par l'absence d'une telle structure la faible performance de certains étudiants de niveau collégial, surtout que ceux-ci sont minoritaires dans leur génération? Par exemple, les instruments de mesure pour évaluer le développement intellectuel sont-ils adéquats? (Evalue-t-on par ces épreuves la compétence désirée?) Les épreuves sont-elles biaisées quant à leur contenu? (Favorisent-elles un type de clientèle par rapport à un autre, les scolarisés par rapport aux non-scolarisés, etc.?)

En ce qui concerne le problème de la structure nous en discuterons plus à fond dans la section 4, ainsi que du faible taux de réussite obtenu aux épreuves formelles, qui ne cadre pas avec les prévisions originelles de Piaget. L'évaluation du niveau opératoire pose de multiples problèmes, en plus de ceux soulevés et décrits par Biasi et Hoefel (1974) au début de cette section. Un individu peut avoir la compétence désirée, mais avoir une performance à une épreuve qui ne lui rend pas justice. Par exemple, les épreuves peuvent être biaisées, celle du volume en particulier dû à un contenu trop physique (Horneman, 1974 et Higgins-Trenk et Gaite, 1971), ou à un déplacement d'intérêt de la part du sujet (Shayer et Wylam, 1978 et Piaget, 1972). La nature de l'épreuve, la familiarité du sujet à celle-ci, le nombre de variables à traiter, de même que les informations non-pertinentes à la tâche peuvent être des facteurs qui influencent la performance du sujet; ajoutons aussi à cela la personnalité de l'expérimentateur, la fatigue du sujet, etc. Flavell et Wohlwill (1969) ainsi que Pascual-Leone (1972) ont construit des modèles qui essaient de tenir compte des différents facteurs précités. Bady (1978a) souligne que même des tâches jugées structuralement équivalentes pourraient être en fait très dissemblables à cause du nombre d'informations à traiter dans les épreuves. Scardamalia (1974), en maintenant la structure logique d'une épreuve constante, et en diminuant le nombre de variables impliquées pour l'ajuster à la capacité du "M-space" d'un sujet donné, a trouvé que celui-ci était capable de raisonner logiquement à des épreuves alors qu'habituellement il ne pouvait le faire. Martorano (1977), ayant administré dix épreuves piagetiennes, a constaté que le degré de difficulté pour les différentes épreuves n'est pas équivalent, certaines étant beaucoup plus faciles que d'autres. Piaget (1972) et Neimark (1975) soulignent que les épreuves d'Inhelder ne seraient pas toujours indiquées et qu'il faudrait imaginer d'autres types d'épreuves. Pour Piaget cependant, les épreuves d'Inhelder sont justifiées pour des adolescents scolarisés, mais non pour des adultes ayant depuis longtemps quitté l'école. Un autre aspect entre en jeu comme le mentionnent Neimark (1975) et Bady (1978), il s'agit de l'évaluation globale du niveau opératoire à partir d'une ou deux épreuves seulement. La procédure est contre-indiquée puisque chaque épreuve met habituellement en valeur un schème particulier, d'autant plus que certains auteurs croient en l'indépendance de certains schèmes formels ou tout au moins à une certaine spécificité de ceux-ci.

Lawson et Blake (1976) et Lawson et al (1975) ont trouvé par deux méthodes différentes que les épreuves formelles qu'ils utilisaient étaient relativement non-biaisées. Les premiers ont montré que certaines épreuves piagetiennes séparaient bien les concrets des formels, alors que les seconds ont travaillé avec un échantillon de niveau collégial seulement. Sinnott

* Voir appendice C

(1975) a utilisé un matériel familier et un matériel plus traditionnel pour mesurer le niveau intellectuel de jeunes adultes et de vieillards. Plus les sujets étaient jeunes (30 ans) et pas nécessairement hautement scolarisés, moins l'écart entre les taux de réussite au matériel familier et formel apparaissait. Par contre, plus ils étaient vieux et moins scolarisés, plus la différence devenait sensible. Pour de jeunes adultes peu scolarisés, la performance était égale quelle que soit le matériel utilisé; pour les sujets instruits, mais jeunes, un léger écart seulement. A notre avis, la question n'est pas de savoir si les épreuves sont biaisées, (i.e. si pour un individu donné on a mesuré exactement son niveau opératoire) mais si pour l'ensemble des échantillons étudiés, ces phénomènes perturbateurs changeraient radicalement les résultats (i.e. si l'ensemble des échantillons performeraient au niveau formel si ceux-ci étaient testés avec un matériel adéquat respectant les aptitudes particulières et les intérêts de chacun). Nous ne le croyons pas car l'expérience accumulée par les sujets n'est pas assez considérable, et si compétence il y a, son actualisation reste pénible.

Le type d'administration utilisé, comme les épreuves collectives ou les épreuves cliniques, est un autre facteur qui peut influencer les résultats. Les opinions sont cependant très divergentes. Higelé (1978) a analysé les avantages de l'une ou l'autre méthode. Nous croyons qu'une épreuve collective visant l'obtention de renseignements généraux sur un groupe d'individus offre des garanties suffisantes surtout pour des étudiants de niveau collégial. Si l'on veut un meilleur indice des démarches particulières de l'individu l'utilisation d'épreuves cliniques seraient préférables. Des tests collectifs ont été faits par Longeot (1969 et 1974), Raven (1973 et 1977), Schirks, pour des adultes (voir Higelé, 1979) et Lawson, (1978) qui a validé d'une façon concourante son test avec des épreuves traditionnelles piagetiennes. Mirette Lagacé, du Cégep de Limoilou, qui a voulu éviter les problèmes de contenus soulignés préalablement, met la dernière main à diverses épreuves collectives.

En conclusion, il apparait qu'une majorité d'étudiants, dans certaines institutions collégiales américaines et vraisemblablement aussi ailleurs dans le monde, ne démontre pas un mode opératoire formel à l'administration d'épreuves piagetiennes. Soulignons que certains travaux ont des résultats plus substantiels, mais ils sont dans l'ensemble minoritaires. Au Québec, les études au niveau collégial sont rares, mais la recherche de Désautels nous permet d'inférer que nous aurions un taux de réussite similaire. Une recherche très soigneuse menée par Allaire-Dagenais (1977), avec des étudiants de niveau secondaire, contredit cependant en partie les résultats de Désautels.

Selon le type d'épreuves utilisées (schèmes formels mesurés), le taux moyen de réussite variera d'après les concentrations (pas toujours en faveur des mêmes) à cause des expériences diversifiées des étudiants; à l'intérieur d'une concentration, on trouvera des taux variés pour des épreuves différentes. Le développement intellectuel des étudiants se poursuivra durant leur présence au collège. Selon certains, les épreuves utilisées pour mesurer la possession des schèmes formels sont relativement nonbiaisées. Dans l'évaluation du niveau opératoire, il faut savoir que certaines épreuves sont plus faciles que d'autres et il est préférable de mesurer le niveau opératoire selon les différents schèmes plutôt que globalement. Plusieurs tests collectifs ont déjà été construits et validés.

2. Niveau opératoire, rendement académique et compréhension des concepts

Suite aux résultats obtenus dans la section précédente, il nous apparaît opportun de nous interroger plus à fond sur les liens qui unissent les différentes dimensions suivantes: niveau opératoire, rendement académique et compréhension des concepts. De la théorie piagetienne on peut inférer que le niveau opératoire affecte la capacité d'apprentissage du sujet, son niveau de compréhension des concepts, son utilisation d'un encodage efficace pour la rétention des informations et la qualité de l'intégration de celle-ci à ses connaissances antérieures, de même que sa capacité à généraliser et à transférer ses connais-

sances dans d'autres domaines du savoir. Cela aurait comme conséquence d'influer sur le rendement académique car la mobilité relative d'un sujet opératoire concret limite sa capacité d'expression et de lecture de même qu'elle l'oblige à faire des apprentissages, cas par cas, puisqu'il ne peut dégager le principe ou la règle qui les sous-tend; elle l'oblige aussi à fournir un effort mnémonique considérable et constant, ce qui peut l'amener à faire de nombreuses erreurs. Allons voir ce qu'en disent les études expérimentales.

2.1 Niveau opératoire et rendement académique

Lawson et al (1975) ont corrélé ensemble les épreuves formelles et une batterie de tests: tests de connaissance (anglais, maths, science), d'aptitudes verbales (SAT-V) et de mathématiques (SAT-M), le rang scolaire et un test pour mesurer le degré de connaissance des processus scientifiques. Ils ont divisé leur groupe en utilisant des critères piagetiens (concret, transition, formel). La moyenne à toutes les épreuves a été plus faible pour le premier sous-groupe que pour le deuxième et plus forte pour le troisième que le deuxième. Il y a une corrélation plus forte pour le test d'aptitude verbale que pour les mathématiques (.53 et .50). Les épreuves sont corrélées modérément aux résultats scolaires, autant en mathématiques qu'en langue maternelle. Neimark (1975) soutient que l'habileté à communiquer est reliée au développement des opérations formelles. D'après leurs résultats, Lawson et al (1975) confirment que l'habileté verbale serait reliée au développement d'opérations mentales pré-requises. Kolodly (1977) trouve une corrélation similaire avec des étudiants de concentration scientifique. Albanese et al (1976) avec des étudiants de chimie dans leur première année au collégial et Lawson et al (1975) déjà cités, trouvent que, pour la réussite des études, les tests d'aptitudes sont de meilleurs indices de prédiction que les épreuves classiques de Piaget: c'est d'ailleurs leur fonction.

Enwienne (1976) ne note aucune corrélation entre le résultat scolaire et le niveau opératoire. Par contre, Désautels (1977) a trouvé une corrélation significative entre le niveau opératoire et les notes obtenues en secondaire V et un démarquage encore plus net au niveau collégial, après la première session, avec des étudiants des sciences de la santé, spécialement en mathématiques. Après un cours d'introduction à la physique, seulement 37 étudiants sur 95 ont décidé de poursuivre le 2e cours de physique prévue à leur programme. Le processus qui a réduit l'échantillon ne joue pas également entre les sujets pleinement formels et ceux des autres niveaux. Le nombre de sujets opératoires concrets a été réduit par un facteur de 4 entre la première et la seconde session, les sujets formels A et en transition par un facteur de 2.5 et les sujets de niveau formel B par un facteur de 1.5. Kolodly (1977) rapporte que 30% d'étudiants réussissent à obtenir leur diplôme pour une carrière scientifique sans être pleinement formels. Il a cependant noté des abandons d'étudiants qui ne possédaient pas à leur entrée universitaire des schèmes formels de pensée. Bauman (1976), Sayer et Ball (1975), Lawson et Renner (1975), Saarni (1973) et Field et Cropley (1969) ont trouvé des résultats similaires. Higelé (1974) a noté, chez des adultes de retour aux études après une absence prolongée et ayant à suivre des cours de mathématiques, de physique et de technique, une corrélation significative entre le niveau opératoire et l'abandon des études par ceux-ci. Il ajoute également que les sujets de niveau concret rencontraient, et ceci d'une façon significative, de sérieuses difficultés d'apprentissage durant leur période de formation.

Quand une corrélation entre le niveau opératoire et la réussite à certains cours n'est pas trouvée, cela serait dû, selon Renner, Abraham et Stafford (1976) aux méthodes d'enseignement et aux modes d'évaluation utilisés qui mesureraient en réalité la capacité de mémoriser des étudiants. Dans la section suivante, cette remarque sera justifiée.

2.2 Niveau opératoire et compréhension des concepts

Dans une recherche datant de 1950, Bloom et Broder ont essayé de caractériser le comportement des étudiants en problem-solving. Les caractéristiques qu'ils ont dégagées entre les plus forts et les plus faibles réflètent bien la distinction entre ceux qui sont concrets ou formels. Griffith (1976) abonde dans le même sens. Après avoir fait résoudre plus de deux cents problèmes à des enfants, Krutetskie (1976) analyse ce que ceux-ci ont pu retenir de cet exercice. Il divise les enfants en abstraits et en concrets. Il trouve que les concrets ne retiennent que des informations et des faits non pertinents et que les abstraits retiennent surtout les relations unissant les différents éléments d'un problème. Meinke et al (1975) explorent une voie semblable. Cela nous semble logique puisque, dans une situation qui nous dépasse, on retient davantage les détails au lieu du squelette qui les structure.

Lawson et Renner (1975) trouvent qu'il y a une corrélation significative entre les résultats aux épreuves formelles de Inhelder et Piaget (1955) et l'acquisition des concepts formels. Chrisman (1974) montre que le sujet formel, dans un apprentissage du concept de groupe en mathématiques, utilise une stratégie opératoire avec plus d'efficacité que le sujet concret et apprend en moins d'essais. Days et al (1979) vont dans le même sens. Suite à une de leurs recherches, Cantu et Héron (1978) se trouvent justifiés d'affirmer que, quel que soit le type de concepts (concret ou formel) à être enseigné, on peut s'attendre à voir les étudiants de niveau formel réussir mieux que les autres. Sheehan (1970) a les mêmes résultats; il a en plus constaté que l'acquisition est plus durable chez les sujets opératoires formels et qu'ils ont aussi un plus grand pouvoir de généralisation. Adi (1978) trouve une relation entre le mode opératoire et la performance à résoudre des équations; elle rejoint ainsi Johanot (1947) et Gattegno (1965).

Boucher (1975a) compare la théorie opératoire piagetienne et la théorie des systèmes conceptuels d'Harvey, Hunt et Schroder (1961). Les deux théories s'intéressent également aux structures de la pensée, mais elles ne mettent pas l'accent sur le même aspect. La première le met sur les actions ou les opérations intellectuelles en tant que systèmes de transformation à l'intérieur des structures cognitives, alors que la seconde le met sur les propriétés organisationnelles de la structure conceptuelle (i.e. que les sujets utilisent des voies différentes pour traiter l'information: sélection, emmagasinement et combinaison des éléments selon le degré de complexité intégrative de leur structure conceptuelle). Après analyse, Boucher conclut qu'il est permis de croire à l'existence d'une "relation fonctionnelle" entre l'utilisation des opérations intellectuelles qu'une personne peut faire dans un domaine donné et le degré de complexité intégrative de sa structure conceptuelle dans le même domaine. En d'autres termes, cela signifie que pour fonctionner à un niveau élevé de complexité conceptuelle il serait nécessaire d'utiliser des opérations formelles et inversement un faible niveau de complexité impliquerait l'utilisation d'opérations intellectuelles d'un niveau inférieur. Une expérimentation avec des étudiants de 15-16 ans et 17-18 ans permet à Boucher (1975b) de confirmer son hypothèse. Lesh (1976) procède par une approche semblable mais en passant par la théorie des représentations d'Ausubel (1963) et de l'"apprentissage par hiérarchie" de Gagné (1965). Des études expérimentales de Webb (1979) et Days (1979) donnent un appui empirique à ces analyses théoriques.

A partir de distinctions faites par Getzel (1964) entre la formulation d'un problème et la solution d'un problème une fois celui-ci formulé, Arlin (1975) veut analyser les liens qui existent entre la capacité d'un sujet en "problem-solving" et ses capacités en "problem-finding". La définition opératoire du "problem-finding" inclut trois éléments: a) une solution problématique; b) une opportunité pour le sujet d'énoncer des questions à l'intérieur de cette situation; c) la façon de catégoriser les questions une fois celles-ci énoncées. Dans son évaluation du "problem-finding", Arlin distingue trois niveaux: fort

(3), moyen (2), faible (1). Le "problem-solving" était, quant à lui, évalué à l'aide de tâches formelles piagetiennes (i.e. qu'elle évaluait le niveau opératoire du sujet). Il y avait une corrélation significative entre le niveau opératoire concret ou formel d'un sujet et le niveau atteint par celui-ci au "problem-finding". Aucun sujet concret n'atteignait le niveau 3 du "problem-finding". Elle note cependant qu'être opératoire formel est une condition nécessaire, mais non suffisante pour être classé au dernier niveau puisque 61% de ses sujets formels ne se classaient pas au niveau 3. Elle avance l'hypothèse d'un stade supérieur au stade formel pour expliquer ses résultats. Un peu plus loin dans le texte, nous verrons d'autres explications plus plausibles.

Après avoir sélectionné des étudiants en biologie, en chimie et en physique, administré six épreuves piagetiennes et testé ceux-ci dans leur discipline respective sur des concepts concrets et formels, Lawson (1974) arrive à des résultats surprenants. Aucun sujet opératoire concret ne fut capable de solutionner des concepts formels et leur performance aux concepts concrets était de l'ordre de .40. Les sujets 3A, en transition, et 3B, ont eu respectivement .20, .38 et .43 de réussite pour les concepts formels alors que pour les concepts concrets, ils réussissaient à .62, .70 et .82. Ces données indiquent clairement que les sujets concrets ont une performance très inférieure aux sujets formels (on rejoint ici Cantu et Herron, 1978) et que les sujets considérés comme opératoires formels ont une compréhension complète sur moins de la moitié des concepts formels sur lesquels ils ont été testés. Dans une étude sur le schème formel de la proportionnalité, Chiappetta (1974) a découvert qu'un large pourcentage (.43) d'individus formels paraissent fonctionner au niveau opératoire concret quand ils sont testés sur leur pleine compréhension de différents concepts de physique. Ces derniers sont capables d'utiliser adéquatement les formules mathématiques pour solutionner les problèmes mais ne peuvent expliquer leur réponse ou donner des exemples illustrant les concepts. Ces deux dernières études démontrent clairement que le rendement académique serait un indice plutôt faible pour mesurer la véritable compréhension des concepts enseignés aux étudiants. Chiappetta explique les régressions enregistrées, qu'il considère comme apparentes dans les deux études précédentes, par la combinaison des facteurs suivants: aptitudes, intérêts, connaissances antérieures et le type d'instruction utilisé. Il favorise cependant une autre explication qui serait reliée au mode d'évaluation du niveau opératoire. Les sujets avaient été évalués avec une seule épreuve. Nous insisterions davantage sur le type d'instruction donné et sur le style cognitif du sujet. On pourrait étendre ces remarques à l'étude d'Arlin.

Ajoutons, avant de conclure, que les mêmes phénomènes se produisent avec des sujets de niveau préopératoire et opératoire concret; les premiers rencontrant plus de difficultés que les seconds dans l'apprentissage du calcul et de la lecture. Une littérature abondante couvre cette période (5-7 ans).

Indépendamment de la valeur du modèle piagetien pour décrire et structurer les opérations mentales du niveau formel, il apparaît que leur maîtrise influence le rendement académique, la compréhension des concepts enseignés et l'habileté à communiquer (l'atteinte du niveau opératoire formel serait nécessaire, mais non suffisante). Comme une majorité d'étudiants à leur entrée au collège ne semblent pas les maîtriser, leur rendement académique serait susceptible d'être plus ou moins affecté selon que les cours exigent l'assimilation et la compréhension de concepts formels ou l'acquisition de simples techniques. Griffith (1976) constate qu'on ne peut indéfiniment surimposer des concepts formels sur des schèmes concrets sans qu'un jour l'édifice s'écroule. En effet, pour plusieurs étudiants tout s'écroule durant leurs premières semaines de présence au collégial. Il serait intéressant maintenant de connaître les facteurs qui influencent le développement intellectuel et de voir si les structures formelles sont éducables. C'est le thème de la prochaine section.

3. Educabilité des schèmes formels

On a vu au chapitre 1.2 que le milieu socio-culturel et l'environnement physique influencent le rythme du développement des structures opératoires et que l'école semble avoir un rôle assez négligeable dans ce développement, comme par exemple chez des enfants martiniquais (Piaget, 1972a). Il nous apparaît important d'analyser plus à fond l'influence de la scolarité sur le développement intellectuel de l'individu et d'étudier les apprentissages provoqués par différentes méthodes sur ce même développement. Cela permettra de mieux cerner le rôle de l'école et de constater si, effectivement, les structures opératoires concrètes ou formelles sont sujettes à une certaine éducabilité.

3.1 La scolarisation et ses effets sur le niveau opératoire

Nous avons déjà cité plusieurs études qui démontrent que la puissance intellectuelle de l'adolescent va en s'accroissant avec l'âge et le niveau de scolarité et ceci d'une façon systématique. A cause de l'obligation qu'ont les enfants de fréquenter l'école dans les pays industrialisés, il est difficile d'évaluer l'apport de celle-ci au développement intellectuel. L'étude des effets de la scolarisation doit donc se faire dans les pays où la fréquentation scolaire n'est pas obligatoire. Laurendeau-Bendavid (1977) dans une très belle recherche faite au Rwanda, pays qui rencontrait les conditions minimales nécessaires pour une telle étude, a analysé les effets de la scolarisation et de la culture sur le développement intellectuel. Elle a trouvé que la scolarisation est une condition nécessaire à l'acquisition des schèmes opératoires formels dans un milieu socio-culturel peu industrialisé; ce n'est cependant pas suffisant. Elle fut surtout surprise de constater le même degré de nécessité pour les structures opératoires concrètes. Toutefois, cette condition n'est pas obligatoire pour un sujet donné puisque 20% de sujets partiellement ou nullement scolarisés réussissent à développer des structures opératoires concrètes, mais elle est nécessaire pour qu'une majorité d'enfants et d'adolescents puissent les développer. Dans ces différentes populations, l'âge limite de ses sujets est de 17 ans. Elle souligne également que la vitesse de développement des enfants Rwandais scolarisés est plus semblable à celle des enfants montréalais quand les notions explorées ont des liens avec des activités inscrites au programme scolaire que lorsqu'elles n'en ont pas. De plus, la fréquentation scolaire n'affecte pas seulement le développement des notions rattachées à des contenus scolaires mais accélère également l'ensemble du développement. Plus étrange encore la notion (la tâche de conservation) qui s'avère la plus affectée par l'absence partielle ou totale de scolarité est justement une de ces notions qui n'est jamais enseignée à l'école ni directement ni indirectement. Finalement, si la culture ou le degré de scolarisation influence la vitesse du développement, cette influence, en aucune façon, ne peut aller jusqu'à modifier la nature même du développement (l'invariance des stades). Dans l'interprétation de ces résultats, elle reste prudente et elle conseille d'éclaircir plusieurs points de la recherche. Kimball (1972), suite à une étude faite en Ouganda, affirme qu'un niveau de scolarisation est nécessaire pour l'acquisition des opérations formelles.

Le milieu ne fournit pas toujours l'expérience nécessaire au développement intellectuel d'un sujet et si oui, il le fait d'une façon très aléatoire. L'école apporte en un certain sens un éventail renouvelé de situations où le sujet doit faire les accommodations nécessaires pour rencontrer ses différentes responsabilités. Le contact avec d'autres sujets de son âge lui permet également de mieux structurer son expérience. Piaget (1973) a décrit l'interaction entre l'éducation et le développement en ces mots: "Thus education is ... a necessary formative condition toward natural development itself".

Dans le cas des pays industrialisés, c'est indirectement que nous obtenons des informations pertinentes. Karplus et al (1975), en voulant analyser les schèmes de proportionnalité et l'habileté à contrôler les variables dans une expérience donnée chez des étudiants de niveau secondaire dans sept pays diffé-

rents, trouvent qu'en Australie les étudiants réussissent assez tôt les épreuves de proportionnalité et beaucoup plus tard l'épreuve à contrôler les variables, et qu'aux Etats-Unis, il y a une inversion des réussites. En Angleterre, par contre, il y a un synchronisme dans l'apparition de ces schèmes. Allaire-Dagenais (1977), avec des sujets montréalais, a également trouvé un synchronisme dans l'acquisition des mêmes schèmes avec des épreuves similaires. Karplus et al (1975), en plus de trouver que les épreuves n'étaient pas corrélées à l'intérieur d'un même pays, conclurent que, selon toute vraisemblance, les programmes utilisés pour enseigner les sciences et les mathématiques influencent l'habileté du sujet à démontrer certains schèmes formels. En 1961, Lovell a trouvé des variations similaires selon les écoles. Shayer et al (1978) confirment ces résultats quoique leurs variations étaient reliées à l'origine socio-économique des écoles étudiées. Wosny (1974) avec des adolescents d'une même ville, trouve des variations sensibles selon l'origine socio-économique de ses sujets. Enwienne (1976), avec des étudiants universitaires, note que la performance aux épreuves formelles ne varie pas selon leur origine socio-économique. Beard (1962) (voir Levine et Linn, 1977) trouve que le niveau de pensée logique varie d'une façon très expansive selon l'école: presque tous les sujets d'une école rataient l'épreuve à contrôler les variables et dans une autre école, presque tous les sujets au-dessus de 10 ans étaient capables de séparer les variables dans une épreuve donnée. Il apparaissait que les expériences scolaires antérieures jouaient un rôle important dans l'habileté à contrôler les variables. Shayer (1976) confirme indirectement les conclusions de Beard.

Longeot (1968) étudie in vivo (dans les conditions habituelles de la vie scolaire en classe de seconde en France) l'effet d'un apprentissage de type structural des produits cartésiens sur l'acquisition des opérations combinatoires et il constate un an après, avec une épreuve de permutation, que l'acquisition est solide et durable. Nous avons aussi observé ce phénomène. Cet apprentissage des opérations combinatoires ne se généralise cependant pas à l'ensemble des schèmes formels: il est sans effet pour la logique des propositions. Raven et Murray (1978) ont trouvé que des étudiants suivant un cours de chimie ont progressé et qu'il y avait une différence significative avec un groupe-témoin qui, lui, n'avait pas de chimie au programme. Ces deux dernières études sont encourageantes.

Blake et Nordland (1978) (déjà cités au chapitre II.1.3) ont observé une progression rapide du niveau opératoire pour les groupes contrôle et expérimental, après un semestre seulement de présence au niveau collégial. Selon eux, si plusieurs étudiants ne sont pas formels, c'est par défaut d'avoir rencontré des situations exigeant de fonctionner formellement: le niveau collégial les ayant alimentés en ce sens. Ils soulignent que le niveau secondaire pourrait faire beaucoup plus pour promouvoir le développement intellectuel. Ils citent Karplus et Arons (1976) qui émettent la possibilité que la proportion de population qui quitte le secondaire au stade opératoire formel n'est pas en réalité tellement plus grande que la proportion de la population qui maîtrisait ce stade à son entrée au secondaire. Nous avons déjà cité quelques études qui permettent une vision plus optimiste. Days et al (1979) confirment en quelque sorte les appréhensions de Blake et Nordland puisque leurs sujets de niveau concret ou formel diffèrent peu dans l'utilisation des processus intellectuels employés lorsqu'ils sont confrontés à des problèmes ayant une structure simple car ceux-ci n'exigent pas l'emploi de processus intellectuels très avancés. Ils constatent que les problèmes ayant une structure simple sont typiques de plusieurs livres de mathématiques au niveau secondaire I et II.

Le tableau n'est cependant pas aussi clair et la solution aussi simple comme nous le rappellent les auteurs suivants. Siwek (1973) vérifie l'effet d'un cours de logique donné en Pologne au niveau secondaire à des étudiants de 16 et 17 ans. Celui-ci n'influence guère le raisonnement des étudiants surtout en ce qui concerne l'implication. Elle conclut que ce cours de logique n'est pas approprié, parce que trop symbolique, et elle suggère d'enseigner la logique de

façon à ce que l'élève soit capable d'apercevoir le moment où l'intuition ne lui suffit plus pour la résolution de certains problèmes, et qu'il lui faut plutôt s'adresser à des connaissances logiques face à ces situations problématiques. Chiappetta (1976) souligne que certains livres servant à introduire les étudiants de niveau secondaire aux sciences sont beaucoup trop abstraits. Nous sommes dans une situation paradoxale: d'un côté, il faut donner des situations où l'étudiant a une chance d'exercer ses schèmes opératoires formels ou de les construire s'il y a lieu, comme le soulignent Blake et Nordland, et d'un autre côté, il faut éviter des situations trop complexes ou trop abstraites qui empêchent l'étudiant d'exercer adéquatement ses schèmes ou de les construire. (Siwek et Chiappetta). Thom (1974) et Griffith (1976) avancent que l'introduction de certains nouveaux programmes a l'effet inverse de celui qui est désiré. Le problème est de construire des situations où l'on pourrait concilier deux exigences apparemment opposées.

Pour une majorité de sujets l'école est nécessaire, mais non suffisante (jusqu'au niveau secondaire V) pour l'acquisition des schèmes formels; elle peut influencer (accélérer, ralentir ou nuire) l'acquisition de ceux-ci. Dans cette influence, les approches pédagogiques utilisées ont une grande part de responsabilité. Finalement, on peut déduire que les schèmes formels sont sujets à une certaine éducabilité.

3.2 Revue des études d'apprentissage

Nous désirons ici évaluer la possibilité d'une intervention directe par l'éducateur pour aider à l'acquisition des schèmes formels par l'étudiant et déterminer les conditions à respecter pour rendre cette intervention efficace. Il est très difficile, sinon impossible, de faire un tableau d'ensemble des différentes études d'apprentissage. Ceci est dû au peu d'études entreprises en ce sens, à la diversité de celles-ci, aux buts non-similaires poursuivis par chacune d'elles, à des conditions d'expérimentation différentes: ainsi l'âge et les caractéristiques des sujets varient selon les études, les épreuves utilisées pour mesurer les acquisitions sont différentes de même que les modes d'instruction et finalement, le schème formel sur lequel a porté l'apprentissage n'a pas non plus été le même dans chaque cas. De plus on n'a pas toujours respecté la méthodologie nécessaire à ce genre d'expérimentation. Il est donc difficile dans ces conditions de dégager des constantes très précises. Allaire-Dagenais (1977), Levine et Linn (1977) et De Carcer et al (1978) ont répertorié différentes études faites sur l'apprentissage des schèmes formels; leur revue respective semble couvrir un bon échantillon des études réalisées dans ce domaine.

Allaire-Dagenais (1977), dont la revue est la plus importante et la plus générale, a analysé les différents apprentissages réalisés en fonction des deux structures de base de la pensée formelle (les schèmes relevant du groupe I.N.R.C.: proportionnalité, probabilité; et de la combinatoire: permutation, combinaison) et du schème de la logique interpropositionnelle (dissociation des facteurs, etc.) lequel schème peut être considéré comme étant mixte puisqu'il est basé sur les deux structures précédentes. Le but de son analyse est d'explorer indirectement le degré d'interdépendance que peuvent entretenir les différentes structures de niveau opératoire formel (i.e. étudier la composition même de la pensée formelle et de son unité). Elle n'insiste pas sur les méthodes utilisées pour provoquer les apprentissages. L'âge des sujets des études répertoriées s'étend en gros de 6 à 14 ans. Elle note que les seuls progrès vraiment obtenus ont été observés chez des sujets dont l'âge varie de 10 à 14 ans et elle souligne une étude où aucun progrès n'était enregistré avec des sujets de 15 ans. Elle s'interroge d'abord à savoir, si dans une même structure, l'apprentissage d'un contenu s'étend aux autres contenus relevant de cette même structure. Elle se demande ensuite si l'acquisition de ces structures se généralise à des contenus relevant de d'autres structures. Elle déduit des études répertoriées qu'il y a une généralisation intrastructurale des acquisitions quant aux contenus directement appris, mais qu'il n'y a aucune généralisation interstructurale (i.e. d'une structure de base à une autre). Sa propre expérimentation a démontré la possibilité de provoquer un apprentissage efficace et durable de certai-

nes épreuves formelles et de mettre en évidence un certain nombre d'effets de généralisation intra et interstructurale. Les résultats de son expérimentation nous permettent de conclure à une certaine spécificité des structures de base de même que la généralisation interstructurale observée suite aux apprentissages appuie l'hypothèse d'une complémentarité de ces deux structures.

Levine et Linn (1977) se sont penchés sur les études d'apprentissage portant sur l'habileté à isoler les variables dans une situation problématique donnée et à les contrôler par la règle "toutes choses étant égales par ailleurs". Même si toutes les études d'apprentissage ne sont pas couronnées de succès, Levine et Linn croient néanmoins en la possibilité de provoquer une acquisition stable de schèmes formels. Le mode d'instruction utilisé semble important et peut varier selon les sujets. Ils ont réussi à dégager un certain nombre d'acquis pour l'éducateur. Une expérience concrète ou familière est une aide précieuse, mais non suffisante pour apprendre et ceci, à tous les stades du développement intellectuel. Dans la situation actuelle où aucune réponse définitive n'existe quant à l'apprentissage des schèmes formels, les programmes qui offrent aux étudiants le choix du mode d'apprentissage ou qui s'appuient sur plusieurs approches pour l'enseignement des mêmes principes sont probablement plus efficaces que les programmes motivés par une théorie particulière. En effet, l'étudiant peut choisir le mode d'expérience qui est le plus pertinent à ses habiletés. Les changements durant le développement du raisonnement scientifique pendant l'adolescence indiquent que la méthode utilisée par le sujet pour organiser l'information est importante. Dans un autre texte, Levine et Linn (1978) pensent que les programmes, dont le but principale est l'acquisition de la pensée logique, seraient plus efficaces s'ils mettaient l'emphase sur la récognition et l'organisation des informations pertinentes plutôt que de la mettre sur la règle "toutes choses étant égales par ailleurs".

De Carcer et al (1978) qui ont répertorié et décrit une quinzaine de travaux dont les sujets varient de l'élémentaire au collégial constatent, comme les deux autres auteurs, qu'il est possible de provoquer l'apprentissage des schèmes formels. Ils soulignent cependant que si les étudiants n'ont pas atteint un niveau de maturité suffisant, l'acquisition peut être transitoire: les sujets les plus jeunes en profitant beaucoup moins que les plus vieux, ce qui est normal, puisque ces derniers ont plus d'expérience, ils ont un niveau opératoire plus élevé et sont probablement plus motivés. Le temps consacré à l'apprentissage jouerait un rôle important: des apprentissages trop courts risquent de ne rien donner. Finalement, ils soulignent la nécessité pour les futures recherches de minimiser le nombre d'hypothèses alternatives en contrôlant et en limitant, autant que possible, les variables.

Nous allons maintenant décrire (et en discuter brièvement) quelques études d'apprentissage dont les sujets sont surtout de niveau collégial ou des adultes inscrits à des cours du soir. Peu de ces études ont été répertoriées par les revues précédentes. Deux catégories se dégagent nettement: la première comprenant les études d'Higelé (1979), Higelé et Martin (1978), Blake et Nordland (1978), Kuhn et Angelev (1976) (avec des sujets de 12 ans), McKinnon (1976), Case et Fry (1973), Louchet et al (1973) et McKinnon (1970) et la seconde comprenant celles de Shyer et Cox (1978), Ross et al (1976), Berzonsky et al (1975), Lawson, Blake et Nordland (1975) et Longeot (1968).

La première catégorie a les caractéristiques suivantes: le temps consacré à l'apprentissage est assez long (au moins six semaines, au plus un semestre à raison d'une ou deux séances d'environ une heure par semaine); même si les méthodes d'apprentissage diffèrent selon les études, celles-ci font place à une activité libre de la part du sujet, à une manipulation du matériel, à des discussions et quelques fois à des explications sur la méthode scientifique; elles font également varier les contenus et le degré de difficultés dans les exercices proposés; le but poursuivi par chacune d'elles sauf par Case et Fry (1973) ne se limite pas à l'acquisition d'un seul schème formel, mais elles visent aussi à faire progresser l'ensemble des opérations formelles; et enfin, leur trait

commun le plus important est la nette progression du niveau opératoire enregistré par chacune d'elles.

Case et Fry, dont l'étude est citée régulièrement dans la littérature, ont mis sur pied un programme d'apprentissage pour l'utilisation des schèmes expérimentaux dans diverses disciplines visant à entraîner des sujets de 15 ans non formels, de niveau secondaire, et provenant d'un milieu scolo-économique défavorisé, à isoler et contrôler les variables dans une situation problématique donnée. Ils organisèrent douze séances de quarante minutes à raison d'une séance par semaine; leurs groupes contrôle et expérimental étaient quasi identiques. Le groupe expérimental a obtenu une moyenne de 16.8 et le groupe contrôle une moyenne de 5.9 seulement pour un total possible de 23. Cette différence était statistiquement significative à $p<0.001$.

Malheureusement, il n'y a pas eu de suivi pour évaluer la stabilité des acquisitions. Les auteurs affirment que l'on ne peut rien conclure sur l'origine du succès obtenu mais une chose est certaine: le succès est réel et franc. Higelé et Martin (1979) avec des adolescents délinquants dont l'âge varie entre 14 et 18 ans ont réussi à faire progresser le niveau opératoire de ceux-ci par un apprentissage reposant sur la théorie opératoire. Pour certains sujets, cet apprentissage leur a permis de faire des progrès en classe. Blake et Nordland (1978) et McKinnon (1970) ont déjà été cités chapitre 1. 1.3. Les premiers n'ont pas pu différencier les effets d'une méthode par "inquiry" de ceux d'une méthode didactique à cause d'une trop grande progression de leurs deux groupes. McKinnon (1976) avec des sujets bien motivés et s'orientant vers une carrière en génie, a réussi après six semaines, à faire progresser 40% de ses sujets opératoires concrets vers des niveaux intellectuels supérieurs.

Louchet et al (1973) dans une recherche très soignée et bien menée ont étudié l'apprentissage des structures formelles avec des adultes inscrits à des cours du soir dont l'âge variait entre 18 et 40 ans. Ils ont comparé un apprentissage de type expérimental (collectif et individuel) avec un apprentissage de type didactique. L'accent était mis sur l'acquisition d'une heuristique. Par rapport au groupe témoin, les groupes d'apprentissage ont fait des gains dans l'acquisition de nouvelles opérations qui sont statistiquement significatives. Dans les groupes d'apprentissage, 40% des sujets concrets et 68% des sujets de niveau intermédiaire montent de niveau. Les groupes expérimentaux ont eu des gains supérieures aux groupes traditionnels et cela a été statistiquement significatif. De plus, les sujets âgés montrent un gain plus important que les sujets jeunes. Higelé (1970, 1979) a fait participer à des ateliers de raisonnement logique, et cela durant douze semaines, des adultes dont l'âge moyen était de 25 ans et qui avaient obtenu à une épreuve collective des résultats d'au plus 5 points sur un total possible de 21. Tous les sujets ont progressé et certains de façon remarquable (les gains obtenus s'étendent de 2 à 10 points). De plus, il existe une corrélation très positive entre les progrès accomplis au cours de l'atelier de raisonnement logique et ceux obtenus dans les cours scientifiques. Higelé est avare d'explications sur la méthodologie utilisée.

La deuxième catégorie d'études a les caractéristiques suivantes: le temps consacré à l'apprentissage est minimal (quelque deux cents minutes tout au plus sur un maximum d'une semaine); la méthode didactique a été régulièrement utilisée; elle se concentre principalement sur l'acquisition d'un schème; et les résultats que les auteurs ont obtenus sont pour la plupart du temps très mitigés sauf dans certains cas où de francs succès ont été obtenus (Longeot, 1968 et Shyer et Cox, 1978). Ross et al (1976) montrent que, dans un apprentissage d'une durée très limitée, une méthode didactique a été plus efficace qu'une méthode préconisant le conflit inductif. Shyer et Cox (1978), en illustrant didactiquement la réversibilité structurale des opérations, ont réussi à faire acquérir à de jeunes adultes dans un cours d'appoint l'habileté à solutionner des proportions. L'acquisition était toujours stable un mois plus tard.

Il se dégage des informations précédentes que l'on peut structurer avec succès l'apprentissage des schèmes opératoires formels. Il est même possible de les acquérir malgré un âge assez avancé. On ne peut départager la méthode didactique des autres métho-

des à partir des études que nous avons. Louchet (1973) trouve que la méthode didactique est moins efficace, alors que Blake et Nordland, quant à eux, n'ont pas trouver de différence. Pour un court apprentissage, la méthode didactique semble supérieure car elle peut éliminer les indices perceptibles nuisibles, mais on peut s'interroger sur la solidité des acquisitions. Pour nous, c'est un faux problème et nous suivons Levine et Linn (1977) qui suggèrent de laisser la chance au sujet de choisir le mode d'apprentissage qui lui convient le mieux. N'oublions pas que malgré le franc succès des apparentissages un certain nombre de personnes semblent y être imperméables: la méthode utilisée pouvant être la cause de la stagnation de celles-ci. Neimark (1975a) souligne avec raison, et c'est le cas dans les études qui précèdent, que les auteurs font peu de place aux différences individuelles, par exemple, celles relevant du style cognitif de l'individu (indépendance-dépendance à l'égard du champ, impulsivité - réflexivité, flexibilité - rigidité). Chez un sujet donné, son style cognitif peut être un critère décisif pour la meilleure méthode à utiliser.

Il apparaît, en conclusion, que les sujets qui possèdent les schèmes formels ont dû préalablement les construire c'est-à-dire que ceux-ci sont le produit de son activité; il est cependant nécessaire que le sujet soit fortement appuyé par son milieu pour les acquérir. L'école a un rôle primordial à jouer dans l'acquisition des différents schèmes formels par l'étudiant. Il semble que les sujets de niveau collégial pourraient bénéficier pleinement d'un programme structuré à cet égard: celui-ci devrait s'étaler dans le temps. Le style cognitif ou d'autres caractéristiques du sujet comme son expérience personnelle et ses intérêts particuliers influenceraient le ou les mode(s) d'instruction à utiliser et les contenus sur lesquels on l'exercerait.

4. La pensée formelle

Plusieurs auteurs, dont Brainerd (1978a-b), Novak (1977), Ennis (1975) et Jansson (1974), contestent la description faite par Piaget du stade opératoire formel et nient une existence qualitative aux divers stades. Ils avancent également que l'apparition de la logique interpropositionnelle se fait bien avant l'âge prévu dans le modèle et avant l'acquisition des schèmes formels si ceux-ci existent bien. De même contestent-ils le synchronisme du développement de ceux-ci. Rappelons qu'Inhelder et Piaget (1955) lient le développement de la logique interpropositionnelle à la structure combinatoire et au groupe I.N.R.C.; le tout formant une structure d'ensemble. Dans cette section, nous discuterons donc de l'existence d'un stade post-opératoire concret et de sa formalisation. Nous nous pencherons ensuite sur le faible taux de réussites enregistré aux épreuves formelles que nous croyons pouvoir expliquer en restant à l'intérieur de la théorie piagetienne. Nous exposerons, par la suite, l'interprétation de Piaget (1972) sur ce même point ainsi qu'un modèle hypothétique très intéressant avancé par Berzonsky (1978). Pour finir, nous dégagerons les implications possibles en ce qui a trait à l'éducation.

4.1 Existence qualitative du stade opératoire formel et sa formalisation

Pour pouvoir parler d'un stade opératoire formel, il faut que des conduites intellectuelles inédites apparaissent chez l'adolescent et qu'elles soient qualitativement différentes des précédentes (opérations concrètes). En théorie, celles-ci devraient former une structure d'ensemble qui intégrerait les opérations précédentes. Dans la discussion, il sera donc important de distinguer, même si cela n'est pas facile, l'existence qualitative de ce stade de la description (formalisation) qu'en a fait Piaget. Une des caractéristiques du stade opératoire avancée par Inhelder et Piaget (1955) est la libération de l'individu des contraintes immédiates du réel et sa soumission à l'ensemble des possibles (réel versus le possible). Une deuxième caractéristique est l'acquisition d'une démarche intellectuelle plus systématique. En plus de la logique interpropositionnelle, d'autres conduites régies par le groupe I.N.R.C. et la structure combinatoire, apparaissent à l'adolescence: la maîtrise de

la proportionnalité, la coordination de deux systèmes de référence, la capacité de faire des classifications sur des classifications (combinaisons) et la notion de probabilité et de corrélation. Dans un premier temps nous vérifierons si les conduites décrites par Inhelder et Piaget (1955) n'apparaissent qu'à l'adolescence et si elles diffèrent qualitativement des précédentes. Dans un deuxième temps nous nous attarderons sur la description piagetienne de ces conduites nouvelles.

Existence qualitative d'un stade post-opératoire concret: si l'on se fie aux études répertoriées nous pouvons avancer, avec certitude, que les conduites décrites par Inhelder et Piaget (1955) n'apparaissent pas avant l'adolescence. Neimark (1975a) affirme qu'aucune des études répertoriées note l'apparition de ces conduites avant la fin de l'enfance. Webb (1974) a trouvé, avec des enfants dont le Q.I. était très élevé, qu'aucun de ceux-ci ne démontrent avant 11 ans la maîtrise de ces opérations. Les résultats des différentes études de Neimark, Levine et Linn coincident avec la thèse piagetienne quant à la volonté des adolescents de "soumettre" le réel au possible. Une seule conduite n'apparaîtrait pas conforme au modèle, il s'agit de la manipulation enfantine de certaines parties de la logique interpropositionnelle. Ennis (1975) cite des études qui confirment, selon lui, ce fait. Brainerd (1976-77, 1978) soutient que Piaget s'est appuyé pour faire apparaître à l'adolescence la logique interpropositionnelle sur l'échec des enfants à certaines opérations logiques qui, selon Brainerd, ne sont pas davantage réussies par des adolescents et par de jeunes adultes instruits. Il se réfère cependant à une étude très contestée citée par Wason et Johnson-Laird (1972). Bond (1978-79) qui a travaillé avec des adolescents, répond à l'analyse de Brainerd (1976-77) et affirme que ses résultats sont conformes au modèle piagetien.

Une expérimentation à trois volets menée soigneusement par Kuhn (1977) permet d'expliquer en partie les données contradictoires émergeant de la littérature. L'avantage de son étude, c'est qu'elle tient compte des diverses approches utilisées. Elle a trouvé qu'effectivement les enfants sont capables de manipuler le raisonnement conditionnel sous la forme de syllogismes. Cependant, la compréhension du "si p,q" n'est pas hypothétique et reste sujette à une situation concrète donnée. Elle devient possible et les réponses sont consistantes seulement après l'acquisition de l'opération concrète qui consiste à multiplier logiquement p x q et à obtenir ses quatre produits possibles (logique des classes). Ces résultats sont conformes au modèle piagetien et ils sont prévus par celui-ci. Les sujets non-formels auraient des difficultés à interpréter, dans une situation problématique, les données empiriques et à sélectionner l'inférence inductive appropriée d'un ensemble d'alternatives logiquement possibles; cette capacité requérant les opérations dites formelles. Johnson-Laird (1977) affirme que le "si p,q" hypothétique, dégagé du réel immédiat et conduisant à une conclusion valide n'apparaît pas avant 12 ans. Kuhn (1977), et Brainerd (1978-79) dans sa réplique à Bond, en se basant sur Ennis (1975) notent l'existence de points obscurs et la nécessité de les étudier plus à fond.

Même si on a établi qu'un ensemble de conduites n'apparaît qu'à l'adolescence, ce n'est pas suffisant pour pouvoir parler d'un stade qualitativement différent du précédent. Il faut démontrer que les opérations nouvellement acquises se distinguent qualitativement des précédentes. Les avis divergent. Pour Piaget, c'est la capacité d'"opérer" sur des opérations qui distinguent les opérations formelles des opérations concrètes et les rend qualitativement différentes. Brainerd (1978b), même s'il admet l'apparition de conduites nouvelles à l'adolescence, ne les juge pas qualitativement différentes. Pour Novak (1977) et Gagné (1970) les nouvelles conduites ne sont que le fruit d'une simple accumulation de l'information et des différentiations successives de celles-ci. Neimark (1975) croit à une différentiation qualitative des structures de la pensée. Elle affirme aussi que l'accroissement des capacités nouvelles chez l'adolescent ne peut s'expliquer exclusivement par l'accumulation croissante de l'information possédée par le sujet. Lawson et al (1978), Allaire-Dagenais (1977), abondent dans le même sens.

Pour expliquer le développement cognitif, Novak (1977) suggère de substituer à la théorie piagetienne la théorie du "meaningful learning" d'Ausubel (1963). Dans leur réplique à Novak, Herron (1978) et Albert (1979) soulignent que c'est sur la base de l'approche dynamique piagetienne du développement cognitif que les concepts développés par Ausubel sur l'apprentissage deviennent féconds et que ces deux théories, loin d'être en conflit, sont complémentaires. Boucher (1975a et b) démontre que pour fonctionner à un haut niveau de complexité intellectuelle, les opérations concrètes ne suffisent pas et que les opérations dites formelles apparaissent nécessaires.

Formalisation piagetienne du stade opératoire formel: selon Inhelder et Piaget (1955) le développement des schèmes formels se fait de façon concomitante. Dans la première section, nous avons déjà cité quelques auteurs qui observaient des décalages de niveau opératoire dans la maîtrise de certains schèmes formels. Dans sa revue de littérature, Allaire-Dagenais (1977) a constaté que les études divergeaient d'opinion quant au degré d'interdépendance liant le développement des schèmes formels: certaines études concluant à l'indépendance des épreuves représentant les deux structures de base (I.N.R.C. et combinatoire) d'autres étant d'accord à une structuration commune puis, finalement d'autres, à une composition hiérarchique ou bifactorielle. L'étude du développement des schèmes formels est un problème très difficile et le duo compétence-performance peut interférer dans l'analyse qu'on peut en faire. De plus, le choix des schèmes expérimentaux de même que les instruments statistiques utilisés ne sont pas toujours adéquats. Ennis (1975) s'est penché sur la formalisation piagetienne de la logique propositionnelle: il considère que l'interprétation piagetienne de l'implication matérielle ne coincide pas avec la logique propositionnelle standard; il souligne aussi que le système généralise outre-mesure et qu'il prohibe certaines inférences qui sont habituellement acceptées par les logiciens, ce qui n'est cependant pas l'avis de tous les logiciens (voir Grize in Piaget et al. 1967). Ennis ajoute aussi que la capacité d'un sujet à contrôler les variables dans une situation expérimentale donnée ne serait pas reliée à la possession de la logique interpropositionnelle au sens piagetien du terme et il conclut que l'interprétation piagetienne de la logique propositionnelle est, soit fausse ou invérifiable ou, ne concerne pas la logique déductive. Selon Osherson (1974) l'utilisation des seize opérations logiques binaires de Piaget n'a pas aidé à comprendre les erreurs de logique trouvées dans ses protocoles. Allaire-Dagenais (1977) a, dans l'ensemble, des résultats qui sont conformes au modèle piagetien. Ceux-ci laissent cependant la question ouverte, à savoir si la logique interpropositionnelle est vraiment aussi reliée aux autres schèmes formels que le voudrait la théorie opératoire. Lawson, Adi et Karplus (1978) utilisant régulièrement le paradigme piagetien, n'ont plus de doutes quant à l'absence de liens entre les différents schèmes formels et la logique interpropositionnelle. Leur démonstration nous apparaît acceptable. Selon eux, le terme "formel" est inapproprié et ils suggèrent de lui substituer le terme "hypothético-déductif". Lawson (1979) croit en un lien psychologique entre combiner et contrôler les variables et maîtriser les proportions. Inhelder et Piaget (1955) ont illustré dans leur protocole de l'aimantation invisible l'utilisation possible des seize opérations logiques binaires. Bynum et al (1972), (voir aussi Weitz et al. 1973) deux d'entre eux étant logiciens, ont repris l'expérience après avoir réexaminé l'analyse du protocole faite par Inhelder et Piaget. Ils ont trouvé que seulement huit opérations logiques, au lieu des seize prévues, pouvaient être utilisées et que les sujets qui réussissaient l'épreuve en utilisaient seulement cinq. Ils avaient également l'impression que seulement six des seize opérations étaient effectivement utilisées dans les travaux techniques en logique. Neimark (1975a) a proposé un modèle qui est en accord avec celui de Piaget en ce qui concerne les deux premiers stades, il diffère en ce qui regarde le niveau opératoire formel. Elle considère que l'exigence d'un système combinatoire complet et du groupe I.N.R.C. est beaucoup trop restrictif pour décrire ce stade. Elle propose que l'essence des opérations formelles soit l'organisation et la compression de l'information par l'individu pour un storage, un

rappel et une utilisation plus efficace de celle-ci.

Même si la formulation piagetienne du stade opératoire formel ne concorde pas complètement avec les données empiriques, celles-ci lui apportent néanmoins un appui certain. Nous pouvons affirmer qu'un ensemble de conduites intellectuelles inédites apparaissent à l'adolescence et qu'un certain lien psychologique, quoique faible, les unit. Pour nous, le lien unissant ces conduites est la capacité nouvelle du sujet à "opérer" sur des opérations; cette capacité est qualitativement différente des capacités antérieures maîtrisées par l'individu. Il faudrait éclaircir l'interprétation piagetienne de la logique interpropositionnelle de même que l'intégration de celle-ci aux autres schèmes formels. Comme le souligne si bien Neimark (1975a) la théorie piagetienne fournit un cadre théorique prometteur et son utilité est jusqu'à présent masquée par un manque de coordination des construits théoriques dans les expérimentations.

4.2 L'accession à la pensée formelle

Pour nous, le faible taux de réussite aux épreuves formelles est un constat assez fidèle de la réalité. La phase d'achèvement si tardive du niveau opératoire formel ne nous surprend guère. Seule une minorité au niveau collégial a terminé son niveau intellectuel. Nous ajouterions même que dans l'état actuel des choses, nous trouvons cela normal. Plusieurs raisons motivent notre conviction. Un des mécanismes pour atteindre un palier d'équilibre supérieur est la mise en déséquilibre du sujet, soit par un stimuli extérieur ou intérieur; sans situations déséquilibrantes, le sujet n'éprouvera pas le besoin de construire de nouveaux schèmes. La construction des schèmes formels demande de l'énergie et nécessite par conséquent un intérêt soutenu de la part de l'adolescent à vouloir comprendre les phénomènes qui l'entourent. Il est évident que le milieu physique, social et scolaire oblige l'enfant à s'accomoder et à construire les opérations concrètes, mais il nous semble que nous avons surestimé la pression du milieu sur le sujet opératoire concret et sous-estimé ses limites intellectuelles pour répondre aux différents stimuli extérieurs pour cette tranche d'âge (12-17 ans) tout au moins. Une étude faite en Angleterre par Shayer et al (1978) montre qu'il faut attendre l'âge de quatorze ans pour qu'au moins 90% des enfants maîtrisent les opérations concrètes. Ce qui peut être anormal, ce n'est pas qu'un adolescent ne maîtrise pas les opérations formelles à 17 ans, mais qu'il ait eu si peu de chances de les développer (Blake et Nordland, 1977 et Karplus et al, 1975). Les études d'apprentissage nous démontrent que, pour peu qu'on incite l'étudiant et qu'on lui donne réellement la possibilité de construire les schèmes formels, il peut en profiter pleinement.

Piaget (1972) suite à certaines études qui démontraient l'absence de maîtrise des opérations formelles chez des adultes émet les hypothèses suivantes: il y a ralentissement du rythme d'évolution dans le développement et ceci serait le résultat d'un environnement trop pauvre en stimuli; ou bien le défaut d'acquisition du stade est dû à une diversification des habiletés avec l'âge (i.e. le niveau opératoire formel ne peut être caractérisé comme un stade, mais devrait être considéré comme une avance structurale dans un champ de spécialisation); finalement, tous les individus atteignent le niveau opératoire formel sans limite d'âge, mais dans différents domaines, suivant les aptitudes et la spécialisation professionnelle de chacun: il se peut par exemple qu'un apprenti-mécanicien raisonne au niveau de la pensée formelle dans sa spécialité (i.e. qu'il soit capable de dissocier les variables impliquées et les combiner et raisonner sur des propositions impliquant des négations et des réciprocités), mais qu'il en soit incapable dans d'autres domaines. Piaget choisit la dernière hypothèse et pour la plupart des individus, cela se produirait entre 15 et 20 ans, durant leur période de formation professionnelle, si ce n'est pas déjà fait entre 11 et 15 ans. Si l'une des caractéristiques de la pensée formelle est l'indépendance de la forme et du contenu, on peut se demander pourquoi il n'y aurait pas de génération spontanée dans tous les domaines de l'activité intellectuelle. Pour Piaget, c'est une chose de dissocier la forme de son contenu dans un champ dans lequel le sujet peut exercer son intérêt, sa curiosité et son initiative, et c'en est une autre que d'appli-

quer cette même structure à un champ étranger, à ses intérêts et à sa carrière. (traduction de Boucher, 1975a).

Berzonsky (1978) soumet un modèle hypothétique appelé le "branch model of cognitive development" pour expliquer le fonctionnement de la pensée après le stade opératoire concret qu'il considère comme acquis par les adultes dans notre société. Le modèle proposé est une synthèse du modèle de Dulit (1972) pour qui les opérations formelles se spécialisent dans différentes voies, du modèle de Piaget (1972) où celui-ci spécule que l'acquisition des opérations formelles est fonction de l'intérêt et de l'entraînement du sujet dans un domaine donné et de Bart (1971) qui suggère d'observer les effets des contenus-type de Guilford (figuraux, symboliques, sémantiques et comportementaux) sur la généralisation de la pensée formelle. Pascual-Leone (1969) avance que le style cognitif (indépendance-dépendance à l'égard du champ) d'un sujet influence sa performance aux différentes épreuves piagetiennes et possiblement son rythme de développement intellectuel. Case (1974) donne une bonne description de la théorie néo-piagetienne de Pascual-Leone. Lawson et al (1977), Neimark (1975a-b), Case (1974), Case et Globerson (1974) ont démontré qu'il y avait effectivement un lien entre le niveau opératoire atteint par le sujet et son style cognitif. Piburn (1977) a trouvé que la réussite à certaines épreuves formelles était corrélée significativement au style cognitif du sujet. Cependant, aucune des études n'a été faite avec des sujets de niveau collégial.

Si les hypothèses avancées par Piaget, Berzonsky et Pascual-Leone sont justes, l'actualisation des opérations formelles à divers contenus n'est pas spontanée. Berzonsky (1978) cite plusieurs études où l'individu ne semble même pas utiliser spontanément sa nouvelle puissance intellectuelle dans des domaines qui le touchent pourtant de très près. Si l'on veut que les étudiants deviennent capables de raisonner intelligemment sur eux-mêmes et la société, et non seulement dans leur discipline respective, il est nécessaire comme le souligne Berzonsky de lui donner la chance de se cultiver. L'éducateur pourra alors mettre sur pied des activités qui inciteront l'étudiant à utiliser ses opérations formelles à divers contenus (voir appendice B). Une autre conséquence est que l'habileté à manipuler des symboles ou des abstractions par le sujet de niveau opératoire doivent avoir un minimum de signification pour lui, sinon il ne pourra opérer intelligemment. La théorie d'Ausubel prend alors ici tout son sens: pour introduire une nouvelle discipline à un profane, la théorie suggère des étapes bien précises pour ce premier contact, entre autres, une présentation "concrète" des éléments de base de la discipline et de relier si possible les nouveaux concepts aux représentations mentales déjà existantes chez l'individu. Il semble que ces précautions atténuent les difficultés pour l'étudiant, favorisent une intégration verticale des concepts et empêchent surtout l'individu de fonctionner à vide.

Est-il vraiment nécessaire de maîtriser les opérations dites formelles dans notre vie de tous les jours? Piaget a peut-être normalisé un peu vite ce dernier stade. Même si un individu peut faire face à diverses éventualités sans la possession de ces opérations, celles-ci lui permettent néanmoins de mieux comprendre et structurer son environnement immédiat et de s'assurer du même coup des solutions plus solides aux problèmes qui le sollicitent, car le fait de réfléchir à un niveau supérieur lui permet d'entrevoir des possibilités qui lui seraient sans cela fermées et d'en anticiper les conséquences. Sa vie sociale, affective et professionnelle sera plus riche parce qu'il pourra mieux comprendre le point de vue d'autrui et s'y adapter. Il est évident que les opérations concrètes permettent à l'individu l'acquisition d'un savoir-faire ou d'une technique, mais elles permettent difficilement une acquisition conceptuelle des diverses notions. Cantu et Herron (1978) affirment qu'aucune stratégie pédagogique pourra éliminer la différence observée dans la compréhension des concepts même s'il y a une possibilité de réduire l'écart entre des étudiants de niveau opératoire concret et ceux de niveau formel. Ils soulignent qu'il faut continuer nos efforts pour développer des processus utiles pour encourager le développement intellectuel des étudiants. L'ensemble des auteurs consultés sont d'accord avec eux pour dire que l'atteinte des opérations formelles par le plus grand nombre est un idéal auquel il faut tendre nos efforts.

Résumé et conclusion

Nous énumérerons, dans un premier temps, les principaux éléments que nous avons réussi à dégager au cours du présent document. Ensuite, nous énoncerons les hypothèses que nous croyons important de vérifier. Finalement, nous esquisserons les implications possibles de celles-ci. Même si nos réponses aux questions que nous nous posions dans notre introduction sont plus que partielles, nous espérons y avoir répondu avec une certaine efficacité. Hélas, nos réponses soulèvent plus de questions qu'elles n'en résolvent.

A) Le paradigme piagetien a un appui empirique respectable et les structures de pensée concrètes et formelles décrites dans le modèle sont des réalités possibles malgré les interprétations divergentes de certains auteurs par rapport à celle de Piaget. L'ensemble des auteurs consultés sont quasi unanimes à travailler à l'intérieur de son modèle malgré ses imperfections pour comprendre et analyser la pensée de l'adolescent. La maîtrise des opérations formelles par le plus grand nombre serait, selon eux, un idéal auquel il faut tendre nos efforts.

B) La population adulte en général ne maîtrise pas les opérations formelles et les sujets de niveau collégial, dans les études répertoriées, ne semblent pas non plus avoir terminé leur développement intellectuel. Celui-ci poursuivrait cependant son évolution. Le taux de réussite aux épreuves formelles varie selon les concentrations et la région où l'institution est implantée. La présence ou l'absence de schèmes opératoires formels chez un étudiant influence son rendement académique, sa compréhension des concepts, son habileté à s'exprimer et la mobilité de sa pensée.

C) L'acquisition des schèmes opératoires formels est influencée entre autres par le milieu socio-économique du sujet, son degré de scolarisation, son expérience, son style cognitif et par les méthodes d'enseignement qui furent les siennes.

D) Même si l'on ignore les mécanismes du passage de l'opératoire concret à l'opératoire formel et que peu d'études ont été faites sur leur éducabilité, nous pouvons conclure en une telle possibilité. Nous n'avons pas non plus une idée très claire pour y arriver. Au niveau collégial, on pourrait entreprendre avec beaucoup de succès une telle entreprise et nous aurions intérêt à tenir compte du style cognitif de l'étudiant.

E) Le sujet de niveau formel peut profiter pleinement d'un entraînement lui permettant de généraliser ses nouveaux pouvoirs intellectuels dans divers domaines (esprit critique, démarche rationnelle, pensée hypothético-déductive, etc.). Cette généralisation ne se fait pas toute seule; elle doit être bien encadrée et être l'objet d'exercices fréquents.

F) Une connaissance particulière des théories d'Ausubel, de Gagné et de Pascual-Leone, de même que les récentes acquisitions sur différents mécanismes de la mémoire nous apparaissent nécessaires pour pouvoir bien articuler notre compréhension de la réalité pédagogique et coordonner efficacement les activités d'apprentissage avec le niveau opératoire et le style cognitif de nos étudiants.

Etant donné le manque flagrant d'informations pertinentes sur les caractéristiques cognitives des étudiants de niveau collégial et sachant les problèmes que cela pose pour planifier les activités d'apprentissage, pour sélectionner les bonnes méthodes pédagogiques et pour évaluer le degré d'adéquation de nos cours, il nous apparaît donc important que de futures recherches vérifient les tendances qui se dégagent dans le présent document et répondent aux questions suivantes:

- Où les étudiants de niveau collégial en sont-ils rendus dans leur développement intellectuel?
- Le niveau de développement intellectuel varie-t-il significativement selon les concentrations?
- Le style cognitif de l'étudiant est-il relié à son choix d'orientation professionnelle?
- Quelles sont les relations possibles entre le niveau de développement des structures de pensée et le style cognitif?
- Quelle est l'influence des structures de pensée et du style cognitif sur le rendement académique: a) pris individuellement? b) pris ensemble?
- Au niveau collégial, le rythme de développement des structures de pensée, varie-t-il:

a) selon que l'étudiant est plus ou moins indépendant à l'égard du champ?
b) selon la concentration de l'étudiant?

- Les étudiants de style cognitif différent bénéficient-ils de la même façon de l'enseignement qui leur est dispensé?

- A quel degré le paradigme piagetien peut-il expliquer les difficultés d'apprentissage rencontrées par les étudiants de niveau collégial?

Voici les différentes possibilités que nous entrevoyons si les questions sont pertinentes et les réponses adéquates.

1) Cela permettrait d'ajouter de la cohérence dans la recherche pédagogique faite au niveau collégial, donnant des résultats plus généralisables et, peut-être, d'ouvrir la voie à une approche radicalement différente de celles adoptées jusqu'à ce jour. Ainsi, l'étude d'une stratégie pédagogique donnée pourrait être faite en fonction des structures de pensée de l'étudiant et de son style cognitif.
2) Si une homogénéisation naturelle se dégage selon les concentrations, autant pour le niveau opératoire que pour le style cognitif, nous pourrions alors individualiser notre enseignement à celles-ci (i.e. ajuster les méthodes pédagogiques, planifier les activités d'apprentissage appropriées, établir le rythme nécessaire pour l'acquisition des différents concepts, le degré d'explication dont l'étudiant a besoin, etc.). Par exemple, les professeurs de mathématiques qui ont une clientèle très diversifiée ne possèdent actuellement que leur intuition pour s'adapter à celle-ci. C'est peu...
3) Les cours d'appoint ont comme objectif premier de combler les lacunes (connaissances) de l'étudiant dans sa formation et lui donner ainsi une chance supplémentaire de réussir les cours de niveau collégial. Les raisons motivant le besoin d'un de ces cours peuvent être multiples, mais nous croyons que les difficultés de l'étudiant sont dues au fait qu'il n'a pu encore acquérir certaines structures cognitives. Si c'est le cas, le cours d'appoint nous apparait alors un soutien plutôt dérisoire. Griffith (1976) souligne l'échec des cours d'appoint traditionnels. Par contre, avec des informations pertinentes, nous pourrions mettre sur pied des activités d'apprentissage spéciales pour soutenir plus adéquatement le développement intellectuel de l'étudiant et atténuer ainsi ses difficultés d'apprentissage dans une discipline donnée. Higelé (1970, 1979) a tenté avec succès l'expérience avec des adultes.
4) Dans son dernier Livre Blanc, le ministre de l'Education recommande l'introduction d'un cours obligatoire de mathématiques dans le programme de tous les étudiants du niveau collégial. La connaissance du niveau opératoire et du style cognitif des étudiants permettrait de planifier le contenu de ce cours et d'y adapter les activités d'apprentissage selon les concentrations et aider ainsi les étudiants à acquérir la maitrise des opérations formelles ou à les généraliser à divers domaines selon le cas.

Finalement, nous voudrions avant de conclure aborder une question épineuse: les modifications à apporter au contenu actuel des divers cours de niveau collégial suite, par exemple, à la découverte d'un niveau opératoire inapproprié chez une majorité d'étudiants. Il faudrait avant toutes modifications radicales, évaluer l'apport du niveau collégial et des diverses disciplines au développement intellectuel des étudiants, vérifier l'adéquation des stratégies pédagogiques utilisées et ne pas oublier que sans certains types de situations, les étudiants ne pourraient arriver à maitriser les opérations formelles comme le soulignent si bien Blake et Nordland (1978). Le compromis à dégager serait peut-être malgré tout une diminution de la quantité de matières, une intégration verticale moins rapide des divers concepts, mais surtout un changement dans le mode d'évaluation.

En conclusion, il nous apparait que la connaissance du niveau opératoire des étudiants sera utile, non pas pour les sélectionner, on a déjà vu que ce n'était pas un bon indice, mais pour aider justement à concrétiser la démocratisation tant souhaitée de l'enseignement.

Appendice A:

Un style cognitif: l'indépendance-dépendance à l'égard du champ

Ce concept a été développé par Witkin et al (1962). L'indépendance-dépendance à l'égard du champ est un trait de personnalité plutôt stable avec un effet dominant sur la façon dont le sujet entre en interaction avec son milieu. On évalue cette dimension à l'aide de tâches perceptives où la performance est influencée par le champ ambiant. Si la performance du sujet est fortement dominée par le champ, celui-ci sera alors décrit comme dépendant à l'égard du champ. Le sujet qui est capable de performer aux tâches perceptives sans être dominé par le champ environnant est considéré comme indépendant à l'égard du champ. Les étudiants indépendants à l'égard du champ ont une plus grande autonomie personnelle et sont plus alertes dans la restructuration de tâches cognitives. Ces derniers utilisent au maximum leur espace mental (Case, 1974) (i.e. qu'ils traitent simultanément le nombre maximum possible d'informations pertinentes). Par ailleurs, les étudiants plus dépendants à l'égard du champ sont plus adaptés aux différentes situations sociales, mais moins alertes dans la restructuration de tâches. Ceux-ci n'utilisent pas au maximum leur espace mental (Case, 1974) et en plus ils y introduisent des informations non-pertinentes.

La stabilité de la dimension indépendance-dépendance à l'égard du champ n'est pas intra-individuelle, mais inter-individuelle (Kogan et Kagan, 1970) (i.e. qu'un sujet garde sa position relative par rapport aux autres individus de sa génération et qu'avec l'âge il devient plus indépendant). Selon McLeod et al (1978), la recherche faite depuis trois décennies a donné une base théorique solide pour le concept indépendance-dépendance à l'égard du champ, de même qu'une quantité d'informations substantielles sur ses rapports avec l'apprentissage des mathématiques. Witkin et al (1977) trouvent, d'après leur revue de littérature, très probable qu'il y ait une corrélation modérée entre le choix de carrière (concentration) et la variable indépendance-dépendance à l'égard du champ. Les plus indépendants choisiraient les sciences et les techniques alors que les autres choisiraient les sciences humaines, les arts ou les lettres (voir également Desjarlais, 1976).

La théorie de Witkin avance que les étudiants les plus indépendants apprennent mieux s'ils sont peu dirigés dans leur apprentissage et si on leur laisse de la liberté. Les étudiants les plus dépendants à l'égard du champ ont besoin d'être dirigés plus explicitement dans leur apprentissage (Case et Globerson, 1974). A la fin de leur recherche, McLeod et al (1978) concluent: "Rather than hypothesizing a single best level of guidance for all students, this study indicates that measures of cognitive style may be one way to identify the most appropriate levels of guidance for individual students". Pour avoir une idée plus exacte de ce concept, nous suggérons la lecture de Huteau (1975) qui en a fait une revue très critique.

Appendice B:

Transfert et niveau opératoire

La notion de transfert est une notion complexe. Sa définition elle-même varie selon le cadre théorique (béhaviorisme, cognitivisme, etc.), dans lequel nous nous trouvons. Pour la plupart d'entre nous, le transfert est la généralisation de l'apprentissage ou de comportements particuliers à divers contenus. Cette définition nous apparaît dans l'ensemble convenable. Le transfert est un peu le pivot de notre enseignement puisque notre fonction consiste à encourager la généralisation de conduites particulières (esprit critique, acquisition d'une démarche rationnelle, habiletés en problem-solving, etc.). Hainault et De Block (voir De Landsheere, 1976) ont intégré dans leur taxonomie respective l'idée de transfert. Le premier parle de degré d'intégration des connaissances qui va de l'exécution immédiate en passant par le transfert scolaire (appliquer à une branche ce que l'on a appris dans une autre) pour ensuite aboutir au transfert opérationnel (l'élève doit savoir utiliser l'acquis scolaire dans la vie quotidienne si on le lui demande) et finalement, le transfert intégral (le sujet utilise l'acquis scolaire dans toutes les situations de vie auxquelles il s'applique sans qu'on le lui demande). De Block, dans un modèle tridimensionnel semblable à celui de Guilford, énonce l'ensemble des possibilités. Cependant, si ces deux derniers modèles nous permettent de clarifier nos idées et les objectifs que nous poursuivons, ils ne nous donnent aucune idée pour y arriver.

Le transfert se divise en deux sous-concepts, le transfert horizontal et le transfert vertical, et il s'applique aussi bien à l'acquisition des contenus et à leur généralisation qu'à l'acquisition de principes ou de structures mentales opératoires. Le transfert vertical consiste à faciliter l'acquisition de concepts ou de structures sub-ordonnés à partir de concepts plus simples. Dans cet esprit, nous devons comme Gagné (1965) parler de structures hiérarchiques. Ausubel (1968) parle de "Advanced Organizer" et Skemp (1972) de "schématisation des acquisitions". Nous avons vu dans la théorie de l'intelligence de Piaget comment les différentes structures sont hiérarchisées les unes par rapport aux autres et le transfert dans ce cadre est relié à l'acquisition de structures mentales préalables pour l'atteinte d'un schème mental plus général qui les contient. Malgré des divergences notables sur plusieurs points, les théories ont cependant un point commun, elles sont structuralistes. Evans (1969) a analysé ces divers points de vue. Le transfert horizontal consiste à la généralisation d'un contenu ou d'un schème à divers domaines de même niveau. Pour faciliter le transfert horizontal Ausubel (1968, 1978), Hudgins (1977), Ellis (1970 et Oleron (1968) nous donnent les principales directives nécessaires pour le maximiser.

Fawcett (1938), Ulmer (1939), Glaser (1941) ont réussi à faire transférer des habiletés intellectuelles (esprit critique, démarche systématique, etc.) mises en valeur au contact des mathématiques à différents domaines du savoir; d'autres auteurs n'ont pas réussi (Post et Brennan, 1976). Malheureusement dans chacun des cas, on a une piètre description des caractéristiques cognitives des sujets. Les résultats de Sheehan (1970) montrent que les sujets formels sont capables d'une plus grande généralisation que les sujets concrets. Et pour ce qui est de l'intégration verticale des concepts dans une discipline (transfert vertical), un certain niveau opératoire est nécessaire (Boucher, 1975a). Il nous apparaît qu'on pourrait renouveler les études sur le transfert tant vertical qu'horizontal en tenant compte des caractéristiques cognitives des sujets. La théorie opératoire offre ainsi un cadre permettant de mieux raffiner les analyses et de mieux prédire ce qu'on doit attendre du sujet. Dans ce contexte, l'acquisition des conduites nouvelles par un sujet se réflète par un changement de son niveau opératoire.

Appendice C:

La mémoire de travail

Nous avons vu que certains auteurs, Neimark (1975a), Levine et Linn (1977), Boucher (1975a), Pascual-Leone (1969) considèrent que la façon dont le sujet encode, traite, emmagasine et rappelle l'information est très importante et que ceci est sujet à différents facteurs. Chez l'homme, la mémoire est l'instrument indispensable à toute vie intellectuelle: Gusdorf va même jusqu'à dire que la mémoire c'est l'homme. Selon Erlich (1976) les théories s'accordent sur certains processus et mécanismes fondamentaux en ce qui regarde le fonctionnement de la mémoire. Une bonne vue d'ensemble sur les récents développements nous est donnée par Kail et Hagen (1977), Lindsay et Norman (1977), Erlich (1976) et Anderson et Bower (1973), Winnykamen (1973). Auparavant, on distinguait la mémoire de l'intelligence: la mémoire étant un registre et l'intelligence un compilateur (dans le sens informatique du terme) distinct de celle-ci. On ne se doutait pas que l'intelligence pour se développer avait besoin de la mémoire. D'autres vont encore plus loin en se faisant aucune distinction entre l'une et l'autre. Nous insisterons ici sur les différents états que peut prendre la mémoire en particulier la mémoire de travail et la mémoire permanente. La mémoire permanente est l'ensemble très vaste des capacités potentielles d'un sujet, celles qu'il possède et celles qu'il peut utiliser. La mémoire de travail est une partie de la mémoire permanente: c'est le sous-ensemble des structures mentales reconstituées à l'issue d'un processus activateur. L'espace mental (M-space) d'un sujet est entre autres le nombre de structures mentales que celui-ci peut activer et traiter simultanément dans sa mémoire de travail. Alors que la mémoire permanente est illimitée ou presque, la capacité de la mémoire de travail est très limitée. Ceci veut dire que le nombre de structures mentales pouvant être activées conjointement puis utilisées est limité. Lorsque cette limite est atteinte, la mémoire de travail est saturée. Dans ce cas, deux possibilités doivent être envisagées: aucune autre structure mentale n'est activée; une nouvelle structure est activée, mais au détriment d'une autre structure qui disparaît de la mémoire de travail et qui devient inutilisable (elle est désactivée). Le nombre de registre de stockage de la mémoire de travail est, au plus, égal à sept. La mémoire est saturée lorsque les sept registres sont occupés. Chaque registre de stockage ne peut fixer qu'une seule unité d'information, mais cette unité peut-être une lettre, une syllabe, un mot, une phrase, une structure, etc. En d'autres mots, lorsqu'il est structuré et qu'il forme une unité consistante, un groupe de plusieurs lettres, mots ou phrases, ne tient pas plus de place dans la mémoire de travail qu'une lettre ou un symbole pris isolément: il occupe l'un de ses registres de stockage (Erlich, 1976). Celui-ci avance un moyen simple pour augmenter le nombre d'informations fixées dans la mémoire de travail: organiser, composer, structurer le matériel à une structure d'ordre supérieur. C'est ainsi que l'humanité a procédé durant son histoire dans la plupart de ses activités. Les mathématiques, par exemple, dans leur mouvement vers une meilleure structuration essaient, selon Dienez, de condenser l'information dans des unités symboliques très réduites: ce qui n'est pas sans poser certains problèmes d'apprentissage et de curriculum. Le problème de mettre dans une unité supérieure des unités, dos ordres inférieurs structurés par des lois de composition est fort complexe pour l'individu. Boucher (1975a) a mis en évidence la nécessité pour l'individu de maîtriser les opérations formelles pour réaliser cela. Soulignons l'importance pour le sujet de pouvoir se représenter les éléments sur lesquels ils opère pour mettre en branle le processus décrit par Erlich.

Eléments de bibliographie

ADDA, J. (1972). **Quelques études pour contribuer à l'observation du comportement des non - mathématiciens. Educational Studies in Mathematics.** Vol. 4, # 3, avril 1972, p. 368-392.

ADI, H. (1978). Intellectual Development and Reversibilty of Thought in Equation Solving. **Journal for Research in Mathematics Education.** Vol. 9, # 2, mai 1978, p. 204-213.

ALBANESE, M. et al (1976). Piaget Criteria as predictors of success in first year course. **Journal of Chemical Education.** Vol. 53, # 9, p. 571-572.

ALBERT E., (1979). Can Ausubel's Theory of Meaningful Learning Become an Alternative to Piagetian Psychology. **Science Education.** Vol. 63, # 1, p. 135-138.

ALLAIRE - DAGENAIS, L. (1977). Etude transversale et apprentissage des structures opératoires formelles de combinatoire et de double réversibilité. Université de Montréal, thèse de doctorat, inédite.

ANDERSON, J.R., BOWER, C.H. (1973). **Human Associative Memory.** Wiley and Sons. London.

ARLIN, P.K. (1975). Cognitive Development in Adulthood: A Fifth Stage. **Development Psychology.** Vol. 11, # 5, p. 602-606.

ARONS, A.B. (1976). Cultivating the Capacity for Formal Reasoning: Objective and Procedure in an Introductory Physical Science Course. **American Journal of Physics.** Vol. 44, # 9, p. 834-838.

ARONS, A.B. (1977). Development of the Capacity for Abstract Logical Reasoning. **Journal of College Science Teaching.** Vol. 6, # 4, p. 248-249.

AUBE - TREMBLAY, V. (1971). La compréhension de l'implication chez des sujets de niveau formel et de niveau pré-formel. Université de Montréal, Mémoire de maîtrise, inédite.

AUSUBEL, D.P. (1963). **The Psychology of Meaningful Verbal Learning.** New-York: Grume and Stratton.

AUSUBEL, D.P. (1968). **Educational Psychology: A Cognitive View.** New-York: Holt, Reinehart, Winston.

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D., HANSIAN, H. (1978). **Educational Psychology: A Cognitive View,** 2e éd. New-York: Holt, Reinehart, Winston.

BADY, R.J. (1978a). Methodological Issues in Formal Operations Research: What does it Mean to be Formal? **Science Education.** Vol. 62, # 2, p. 233-239.

BADY, R.J. (1978b). Comments on Current Uses of Piaget's Concept of Stage. **Journal of Research in Science Teaching.** J.R.S.T. Vol. 15, # 6, p. 573-576.

BAUMAN, R.P. (1976). Applicability of Piagetian Theory to College Teaching. **Journal of College Science Teaching.** Novembre 1976, p. 94-96.

BERZONSKY, M.D. (1978). Formal Reasoning in Adolescence: An Alternative View. **Adolescence.** Vol. XIII, # 50, Summer, p. 279-290.

BERZONSKY, M.D., LOMBARDO, J.P., ONDRAKO, M.A. (1975). Changes in Logical Thinking as a Function of Induced Desequilibrium. **The Journal of General Psychology.** Vol. 92, p. 255-260.

BERZONSKY, M.D., WEINER, A. RAPHAEL, D. (1975a). Interdependance of Formal Reasoning. **Development Psychology.** Vol. 12, # 2, p. 258.

BLAKE, A.J.D., NORDLAND, F.H. (1978). Science Instruction and Cognitive Growth in College Students. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 15, # 5, p. 413-419.

BLASI, A., HOEFFEL, E.C. (1974). Adolescence and Formal Operations. **Human Development.** Vol. 17, p. 344-363.

BLOOM, B.S., BRODER, L.J. (1950). Problem-Solving Processus of College Students: an Exploratory Investigation. Supplementary Educational in Monographs, Chicago: # 73, The University of Chicago Press.

BOND, T.G. (1978-79). Propositional Logic as a Model for Adolescent Intelligence: Additional Consideration. **Interchange.** Vol. 9, # 2, p. 93-96.

BOUCHER, L.P. (1975a). Relations entre l'utilisation des opérations formelles et le degré de complexité intégrative de la structure conceptuelle. Université d'Ottawa, Thèse de doctorat.

BOUCHER, L.P. (1975b). L'utilisation des opérations formelles et le degré de complexité intégrative de la structure conceptuelle. **Revue des Sciences de l'Education.** Vol. # 1, 2, 3, (automne).

BOWEN, B. (1975). The Need for Paradigm in Science Education. **Science Education.** Vol. 59, p. 423-430.

BRAINERD, C.J. (1976-77). On the Validity of Propositional Logic as a Model for Adolescent Intelligence. **Interchange.** Vol. 7, # 1, p. 40-45.

BRAINERD, C.J. (1978-79). Response to Bond. **Interchange.** Vol. 9, # 2, p. 98-100.

BRAINERD, C.J. (1978a). **Piaget's Theory of Intelligence.** New-Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.

BRAINERD, C.J. (1978b). The Stage Question in Cognitive - Development Theory. **The Behavioral and Brain Science.** Vol. 2, p. 173-213.

BYNUM, T.M., THOMAS, J.A., WEITZ, J.T. (1972). Truth-Fonctional Logic in Formal Operational Thinking: Inhelder and Piaget Evidence. **Developmental Psychology. Vol. 7, p. 129-132.**

CANTU, L.L., HERON, J. (1978). Concrete and Formal Piagetian Stage and Science Concept Attainment. Journal of Research in Science Teaching. Vol. 15, # 2, p. 135-143.

CASE, R. (1974). Structures and Strictures: Some Functional Limitations on the Course of Cognitive Growth. **Cognitive Psychology.** Vol. 6, p. 544-573.

CASE, R., GLOBERSON, T. (1974). Field Independance and Central Computing Space. **Child Development.** Vol. 45, p. 772-778.

CASE, R. (1975). Gearing the Demands of Instruction to the Development Capacities of the Learner. **Review of Educational Research.** Vol. 45, # 1, p. 59-87.

CHIAPPETTA, E.L. (1976). A Review of Piagetian Studies Relevant to Science Instruction at the Secondary and College Level. **Science Education.** Vol. 60, # 2, p. 253-261.

CHRISMAN, G.L. (1974). The Effect of Concrete and Formal Operational Thought on Learning Strategies in Mathematical Structures. Purdue University. **Dissertation Abstract International.** 35A: 7179-7180, Mai.

DAYS, H.A., WHEATLEY, G.H., KUHN, G. (1979). Problem Structure, Cognitive Level, and Problem-Solving Performance. **Journal for Research in Mathematics Education.** March, Vol. 10, # 2, p. 135-146.

DE CARCER, I.A., GABEL, D.L., STAVER, J.R. (1978). Implications of Piagetian Research for High School Science Teaching: A Review of the Literature. **Science Education.** Vol. 62, # 4, p. 571-583.

DESAUTELS, P. (1978). La pensée formelle. Cegep de Rosemont, Département de Physique, Montréal, Projet Prosip (D.G.E.C.).

DE LANDSHFERE, Viviane et Gilbert (1976). **Définir les objectifs de l'éducation.** Les Presses Universitaires de France, 2e éd. Paris.

DESJARLAIS, L. (1975). **Besoins et caractéristiques des élèves du cycle intermédiaire.** Les Éditions de l'Université d'Ottawa.

DROZ, R., RAHMY, M. (1974). **Lire Piaget.** Charles Dessart, Ed. Bruxelles.

EGAN, D., GREENO, J.G. (1973). Acquiring Cognitive Structure by Discovery and Rule Learning. **Journal of Educational Psychology.** Vol. 94, # 1.

EHRLICH, S. (1976). **Apprentissage et mémoire chez l'homme.** Les Presses Universitaires de France, Paris.

ELKIND, D. (1962). Quantity Conceptions in College Students. **Journal of Social Psychology.** Vol. 57, p. 459-465.

ELKIND, D. (1968). Cognitive Development in Adolescence, in J.F. Adams, ed. **Understanding Adolescence:** Current Developments in Adolescent Psychology. Boston, Allyn and Bacon Inc., p. 128-158.

ELLIS, H.C. (1965). **The Transfer of Learning.** New-York: The McMillan Co.

ENNIS, R.H. (1975). Children's Ability to Handle Piaget's Propositional Logic: A Conceptual Critique. **Review of Educational Research.** Vol. 45, # 1, p. 1-41.

ENWIENNE, Y.A. (1976). The Incidence of Formal Operations of Students in Eight Subject areas of the Nustep Program at the University of Nebraska, Lincoln Campus. **D.A.I.** 37A: 2761-1762.

ESPEJO, M., WESTMEYER, P. (1975). Evaluation of Child-Structured Science Curriculum Using the Intellectual Models of Piaget and Guilford. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 12, # 2, p. 147-157.

EVANS, T.E. (1969). Intelligence, Transfer and Problem-Solving in **The Toronto Symposium 1969: On Intelligence.** The Toronto Institute for Studies in Education, Toronto, p. 191-233.

FAWCETT, H.P. (1938). **The Nature of Proof.** Vol. 13, National Council of Teachers of Mathematics.

FIELD, T.W., CROPLEY, A.J. (1969). Cognitive Style and Science Achivement. **Journal of Research Science Teaching.** Vol. 6, p. 2-10.

FALVELL, J.H. (1963). **The Developmental Psychology of Jean Piaget.** Collection: The University Series in Psychology, Van Nostrand Reinhold Co. New-York.

FLAVELL, J.H. (1971). Stage-Related Properties of Cognitive Development. **Cognitive Psychology.** Vol. 2, p. 421-453.

FLAVELL, J.H., WOHLWILL, J.F. (1969). Formal and Functional Aspects of Cognitive Development in D. Elkind and J.H. Flavell (Eds). **Studies in Cognitive Development: Essays in Honor of Jean Piaget.** New-York: Oxford University Press, p. 67-120.

GAGNE, R.M. (1970). **The Conditions of Learning.** New-York: Holt Reinehart & Winston. 1ère éd. 1965.

GATTEGNO, C. (1965). **Pour un enseignement dynamique des mathématiques,** Delachaux et Niestlé.

GLASER, E.M. (1941). **An Experiment in the Development of Critical Thinking,** Teachers College Contributions to Education, Bureau of Publications, Teachers College, Columbia University.

GRIFFITH, D. (1976). Physics Teaching: Does it Hinder Intellectual Development? **American Journal of Physics.** Vol. 44, # 1, p. 81-85.

GUILFORD, J.P. (1967). **The Nature of Human Intelligence.** New-York: McGraw-Hill.

GUILFORD, J.P. (1977). **Development of Intelligence: a Metatheorical View.** in Uzgiris, The Structuring Experience. Plenum Press, New-York.

HERKOVICS, N. (1978). Différences qualitatives de la pensée mathématique. Université de Montréal, Projet de thèse de doctorat, inédit.

HERRON, J.D. (1978). Role of Learning and Development: Critique of Novak's Comparaison of Ausubel and Piaget. **Sc. Education.** Vol. 62, # 4, p. 593-605.

HIGELE, P. (1974). La théorie opératoire de l'intelligence et la formation des adultes. **Education permanente.** Novembre - décembre # 26, p. 57-66.

HIGELE, P. (1978). Etude de la mesure du niveau opératoire des adultes. **Psychologie française.** Vol. 22, # 2, juin p. 95-105.

HIGELE, P. (1979). Comment tenir compte des difficultés d'ordre intellectuel de nos élèves: une approche par la théorie de Piaget. **Cahiers pédagogiques.** # 162, mars, p. 33-37.

HIGELE, P., MARTIN, B. (1979). Une experience d'apprentissage d'opérations intellectuelles. **Revue française de Pédagogie.** Vol. 46, mars, p. 16-29.

HIGGINS-TRINK, A., GAITE, A.J.H. (1971). Elusiveness of Formal Operational Thought in Adolescents. **Proceeding of the 79th Annual Convention of the American Psychological Association.** p. 201-202.

HORNEMANN, J. (1974). Influence of Content upon the Solution of Logical Problem. **Enfance 1974.** Jan. - April, # 1-2, p. 45-64.

HUDGINS, B.B. (1977). **Learning and Thinking.** Illinois: F.E. Peacock Publishers, Inc.

HUTEAU, M. (1975). Un style cognitif: La dépendance - indépendance à l'égar du champ. **Année psychologique.** Vol. 75, # 1, p. 197-262.

INHELDER, B., PIAGET, J. (1955), (1970). **De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent.** Bibliothèque de la Philosophie contemporaine. Les Presses Universitaires de France, Paris. 1ère éd. 1955, 2ème éd. 1970.

INHELDER, B., PIAGET, J. (1959). **La génèse des structures logiques élémentaires.** Delachaux et Niestlé (Ed.) Neuchâtel et Paris.

JANSSON, L.C. (1974). The Development of Deductive Reasoning: A Review of the Literature (Preliminary Version). Winnipeg, Canada (Eric Document Reproduction Service # 090034).

JAULIN-MANNONI, F. (1973). Pédagogie des structures logiques opératoires. E.S.F. Ed. Collection: **Science de l'Education.**

JOHANNOT, L. (1947). **Le raisonnement mathématique de l'adolescent.** Delachaux et Niestlé, S.A., Neuchâtel.

JOHNSON-LAIRD, P.N., WASON, P.C. (1977). **Thinking: Reading in Cognitive Science.** (Models of Deduction). Cambridge, Cambridge University Press.

KAIL, R.J., HAGEN, J.W., (1977). **Perspective on the Development of Memory and Cognition.** New-York. John Wiley & Sons.

KARPLUS, R. (1977). Science teaching and the Development of Reasoning. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 14, # 2, p. 169-176.

KARPLUS, R., KARPLUS, E., FORMISANO, M., PAULSEN, A.C. (1977). A Survey of Proportional Reasoning and Control Variables in Seven Countries. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 14, # 5, p. 411-418.

KIMBALL, R.L. (1972). Piagetian Theory Related to Science and Math Curriculum Development. **Eric, E.D.** 085-612.

KIMBALL, R.L. (1974). Some aspects of the Rose of Affective Development in Cognitive Development: Relating Formal Operations Learning to Emotional Maturity. **Paper presented at the 4th Annual Conference on Piaget and the Helping Profession.** Los Angeles.

KIMBALL, R.L. (1975). The Teaching and Understanding of Formal Operations. **Third Annual Conference on Piaget and the Helping Profession.** Los Angeles.

KLAHR, D., WALLACE, J.C. (1976). **Cognitive Development: An Information Processing View.** Hillsdale N.J., Laurence Erlbaum Associates.

KLAUSMEIER, H.J., GHATALA, E.S., FRAYER, D.A. (1974). **Conceptual Learning and Developement.** New-York, London, Academic Press. 283 p.

KOHLBERG, L., GILLIGAN, C. (1971). The Adolescent as a Philosopher: The Discovery of the Self in a Postconventional world. **Dadelius, 100.**

KOLHBERG, L. (1975). The Cognitive - Development Approach to more Education. Phi-Delta Kappan, June, Vol. 56, # 10, p. 21-27.

KOLODLY, G.O. (1977). Cognitive Development and Science Teaching. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 14, # 1, p. 21-27.

KRUTETSKIE, V.A. (1976). **The Psychology of Mathematical Abilities in School Children.** Chicago: The University of Chicago Press.

KUHN, P. (1977). Conditional Reasoning in Children. **Development Psychology.** Vol. 13, # 4, p. 342-353.

KUHN, P., ANGELEV, J. (1976). An Experimental Study of the Development of Formal Operational Thought. **Child Development.** Vol. 47, p. 697-706.

LAURENDEAU - BENDAVID, M. (1977). Culture, Schooling and Cognitive Development: a Comparative Study of Children in French-Canada and Rwanda in DASSEN, P.R., **Piagetian Psychology, Cross-Cultural Contribution.** New-York: Gardner Press, Inc.

LAWSON, A.E. (1978). The Development and Validation of a Classroom Test or Formal Reasoning. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 15, # 1, p. 11-24.

LAWSON, A.E. (1979). Combining Variables, Controlling Variables, and Proportions: Is There a Psychological Link? **Science Education.** Vol. 63, # 1, 67-72.

LAWSON, A.E., BLAKE, A.J.D., NORDLAND, F.H. (1975). Training Effets and Generalization of the Ability to Control Variables in High School Biology Students. **Science Education.** Vol. 59, # 3, p. 387-396.

LAWSON, A.E., BLAKE, A.J.D. (1976). Concrete and Formal Thinking Abilities in High School Biology as Measured by three Separate Instruments. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 13, # 3, p. 227-235.

LAWSON, A.E., KARPLUS, R., ADI, H. (1978). The Acquisition of Propositional Logic and Formal Operational Schemata During the Secondary School Years. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 15, # 6, p. 465-478.

LAWSON, A.E., NORDLAND, F.H. (1975). The Factor Structure of some Piagetian Tasks. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 13, # 5, p. 461-467.

LAWSON, A.E., NORDLAND, F.H., DE VITO, A. (1974). Piagetian Formal Operational Task: A Cross-over study of Learning Effect and Reliability. **Science Education,** Vol. 58, # 2, p. 267-276.

LAWSON, A.E., NORDLAND, F.H., DE VITO, A. (1975). Relationship of Formal Reasoning to Achievement, Aptitudes and Attitudes in Preservice Teachers. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 12, # 6, p. 423-433.

LAWSON, A.E., RENNER, J.W. (1975). Relationship of Science Subject Matter and Developmental of Learners. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 12, # 4, p. 347-359.

LAWSON, A.E., WOOLMAN, WARRENT, T. (1976). Encouraging the transition from Concrete to Formal Cognition - an Experiment. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 13, # 5, p. 413-431.

LAWSON, A.E., WOOLMAN, WARRENT, T. (1977). Cognitive Level, Cognitive Style, and Value. **Science Education.** Vol. 61, # 3, p. 397-407.

LESH, Jr. R.A. (1976a). An interpretation of Advanced Organizers. **Journal for Research in Mathematics Education.** Vol. 7, # 2, p. 69-74.

LESH, Jr. R.A. (1976b). The Influence of an Advanced Organizer on Two Types of Instructional Units about Finite Geometries. **Journal for Research in Mathematics Education.** Vol. 7, # 2, p. 82-87.

LEVINE, D.I., LINN, M. (1977). Scientific Reasoning Ability in Adolescence: Theorical Viewpoints and Educational Implications. **Journal of Research in Science Teaching.** Vol. 14, # 4, p. 371-384.

LEVINE, D.I., LINN, M.C. (1978). Adolescent Reasoning: Influence of Question Format and Types of Variables on Ability to Control Variables. **Science Education.** Vol. 62, # 3, p. 377-388.

LINDSEY, P.H., NORMAN, D.A. (1977). **Human Information Processing: An Introduction to Psychology.** New-York. Academic Press.

LONGEOT, F. (1968). La pédagogie des mathématiques et le développement des opérations formelles dans le second cycle de l'enseignement secondaire. **Enfance.** p. 379-389.

LONGEOT, F. (1969). **Psychologie différentielle, théorie opératoire de l'intelligence.** Dunod, Paris.

LONGEOT, F. (1974). **L'échelle de développement de la pensée logique.** Editions scientifiques et psychotechniques. Paris.

LOUCHET, P., HAUTEKEETE, M. (1973). Transfert d'apprentissage et niveau opératoire. **Revue française de pédagogie.** # 25, oct., nov., déc. p. 40-49.

MARTORANO, S.C. (1977). A Developmental Analysis of Performance on Piaget's Formal Operations Tasks. **Developmental Psychology.** Vol. 13, # 6, p. 666-672.

MCKINNON, J.M. (1976). Encouraging Logical Thinking in Selected pre-engineering Students. **Engineering Education.** Vol. 66, # 7, p. 740-744. (Ap.)

MCKINNON, J.M., RENNER, J.W. (1971). Are Colleges Concerned with Intellectual Development? **American Journal of Physics.** Vol. 67 # 1.

MCLEOD, D.B., CARPENTER, T.P., MCCORNACK, R.L., SKVARCIUS, R. (1978). Cognitive Style and Mathematics Learning: The Interaction of Field Interdépendance and Instructional Treatment in Numeration Systems. **Journal for Research in Mathematics Education.** Vol. 9, # 2, p. 163-173.

MEINKE, D.L., GEORGE, C.S., WILKINSON, J.W. (1975). Concrete and Abstract Thinking at three Grade Levels and this Performance with Complex Concepts. **Journal of Educational Psychology.** Vol. 67, # 1, p. 154-158.

MIGNE, J. (1970). Pédagogie et représentation. **Education permanente.** # 8, p. 67-87.

MIGNE, J. (1976). Les obstacles épistémologiques. **Education permanente.** # 28, p. 41-63.

NEIMARK, E.D. (1975a). Intellectual Development during Adolescence in F. Hirowitz, Ed. **Review of Child Development Research.** Vol. 5, University of Chicago Press. Chicago.

NEIMARK, E.D. (1975b). Longitudinal Development of Formal Operations Thought. **Genetic Psychology Monographs.** # 91, p. 171-226.

NEWELL, A., SIMON, H. (1972). **Human Problem Solving.** Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New-Jersey.

NOVAK, J.D. (1977). An alternative to Piagetian Psychology for Science and Mathematics Education. **Science Education.** Vol. 61, p. 453-477.

O'BRIEN, T.C. (1973). Logical Thinking in College Students. **Educational Studies in Mathematics.** Vol. 5, p. 71-79.

OKUN, M.A., SASFY, J.H. (1977). Adolescence, the Self-concept and Formal Opérations. **Adolescence.** Vol. 12, # 47.

OLERON, G. (1968). **Le transfert.** Traité de psychologie expérimentale, Tome IV, Les Presses Universitaires de France, Paris.

OSHERSON, D.N. (1974). **Logical Abilities in Children** (4 vols). Potomac, Md: Laurence Erlbaum Associates.

PASCUAL-LEONE, J. (1969). Cognitive Development and Cognitive Style: A General Psychological Integration. **Thèse** de doctorat à l'Université de Genève. Health Lexington Books, Lexington, Massachusetts 1977.

PIAGET, J. (1936). **La naissance de l'intelligence chez l'enfant.** Delachaux et Niestlé. Neuchâtel et Paris.

PIAGET, J. (1942). **Classes, relations et nombres.** J. Vrin, Ed., Paris.

PIAGET, J. (1946). **La formation du symbole chez l'enfant.** Delachaux et Niestlé, Neuchâtel et Paris.

PIAGET, J. (1964). **Six études de psychologie.** Gonthier (Médiations). Genève.

PIAGET, J. (1967). **La psychologie de l'intelligence.** Librairie Armand Colin, 4e éd. Paris. (1ère éd. en 1947).

PIAGET, J. (1970a). **L'épistémologie génétique.** Presses Universitaires de France. (Coll. Que sais-je?).

PIAGET, J. (1970b). **Psychologie et épistémologie.** Editions Denoël Gonthier, Paris.

PIAGET, J. (1972). Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood. **Human Development.** Vol. 15, p. 1-12.

PIAGET, J. (1973). **To understand is to invent.** New-York. Grossman.

PIAGET, J. (ouvrage collectif) (1967). **Logique et connaissance scientifique.** Gallimard. Encyclopédie de la Pléiade. Paris.

PIAGET, J., INHELDER, B. (1941). **Le développement des quantités physiques chez l'enfant.** Delachaux et Niestlé, 1ère éd. (2e éd. 1961).

PIAGET, J., INHELDER, B. (1948). **La représentation de l'espace chez l'enfant.** Les Presses Universitaires de France. Paris.

PIAGET, J., INHELDER, B. (1951). **La genèse de l'idée de hasard chez l'enfant.** Les Presses Universitaires de France. Paris.

PIAGET, J., INHELDER, B. (1966). **La psychologie de l'enfant.** Les Presses Universitaires de France. (Coll. Que sais-je?). Paris. 126 p.

PIAGET, J. INHELDER, B. (1969). Les opérations intellectuelles traité de psychologie sous la direction de Fraisse et Piaget. Tome VII. **L'intelligence.** Les Presses Universitaires de France. (1ère éd. 1953).

PIAGET, J., SZEMINSKA, A., INHELDER, B. (1948). **La géométrie spontanée de l'enfant.** Les Presses Universitaires de France. Paris.

PIBURN, M.D. (1977). Sex, Field Dependance, and Formal Reasoning. Paper presented at **National Association of Research in Science Teaching.** Cincinatti. Mars.

PINARD, A., LAURENDEAU, M. (1969). "Stage" in Piaget's Cognitive-Developmental Theory: exegesis of a Concept in P. Elkind et J.H. Flavell (éd.). **Studies in Cognitive Development.** Oxford University Press. New-York. p. 121-170.

POLYA, C. (1967). **La découverte des mathématiques.** Dunod. Paris.

POST, T.R., BRENNAN, M.L. (1976). An Experimental Study of the Effectiveness of a Formal Versus an Informal Presentation of a General Heuristic Process on Problem Solving in Tenth Grade Geo7, # 1, Janvier.

RAVEN, R.J. (1973). The Development o Operation. **Science Education.** Vol. 57, # 3, p. 377-385.

RAVEN, R.J. (1977). The Development of a Test of Piaget's Operative Comprehension. **Science Education**, Vol. 61, # 3, p. 271-278.

RAVEN, R.J., MURRAY, R.B. (1978). Effects of High School Chimistry Experience on Piaget's Operation Comprehension. **Science Education**, Vol. 63, # 4, p. 467-470.

RENNER, STAFFORD, LAWSON, MCKINNON, FRIOT AND KELLOGG, (1976). **Research Teaching and Learning with the Piaget Model**. University of Oklahoma Press: Ivorman.

ROSS, R.J. (1974). The Empirical Status of the Formal Operations. **Adolescence**, Vol. 9, p. 413-420.

ROSS, R.J., HUBBELL, C., ROSS, C.G., THOMPSON, M.B. (1976). The Training and Transfer of Formal Thinking Task in College Students. **Genetic Psychology Monographs**, Vol. 93, p. 171-187.

SAARNI, C.I., (1973). Piagetian Operations and Field Independance as Factors in Children's Problem Solving Performance. **Child Development**, Vol. 44, p. 338-345.

SAYER, S., BALL, D. (1975). Piagetian Cognitive Development and Achievment in **Science Journal of Research in Science Teaching**, Vol. 5, # 1, p. 20-22.

SCARDAMALIA, M. (1974). Mental Processing Aspects of two Formal Operational Tasks: A Developmental Investigation of a Quantitative Neo-Piagetian Model. **Paper presented at the annuel Meeting of the American Educational Research Association**, Chicago, Illinois, Avril.

SERVAIS, W. (1977). Humaniser l'enseignement de la mathématique. Paris. **Bulletin de l'Association des professeurs de mathématiques**, Vol. 56, # 307, p. 17-52. Février.

SHAYER, M., KUCHEMANN, D.E., WYLAM, H. (1976). The Distribution of Piagetian Stages of Thinking in British Middle and Secondary School Children. **British Journal of Educational Psychology**, Vol. 46, p. 164-173.

SHAYER, M., WYLAM, H. (1978). The Distribution of Piagetian Stages of Thinking in British Middle and Secondary School Children II - 14 to 16 year-olds and sex differentials. **British Journal of Educational Psychology**, Vol. 48, p. 62-70.

SHEEHAN, D.J. (1970). The Effectiveness of Concrete and Formal Intructional Procedures with concret and Formal Operational Students. **D.A.I.** 31, 2748A.

SHYER, J., COX, D. (1978). Training for the Acquisition and Transfer of Proportionnality in Remedial College Student. **Journal of Research in Science Teaching**, Vol. 15, # 1, p. 25-35.

SIMON, H.A., NEWELL, A. (1971). Human Problem Solving. **American Psychologist**, Vol. 26, p. 145-159.

SINNOTT, J.D. (1975). Everyday Thinking and Piagetian operativity in Adults. **Human Development**, Vol. 18, p. 430-443.

SKEMP, R.R. (1971). **The Psychology of Learning Mathematics**. Penguin Books.

THOM, R. (1974). "Les mathématiques modernes et mathématiques de toujours", p. 43-56 et "Les mathématiques "modernes". Une erreur pédagogique et philosophique", p. 57-68. **Pourquoi la mathématique**. Jaulin, R. Coll. 10-18, # 848, Paris.

TOWLER, J.O., WHEATLEY, C. (1971). Conservation Concepts in College Students: A Replication and Critique. **The Journal of Genetic Psychology**, Vol. 118, p. 265-270.

ULMER, G. (1939). Teaching Geometry to Cultivate Reflective Thinking: an Experimental Study of 1,239 High School Pupils. **Journal of Experimental Education**, # 8, p. 18-25.

WASON, P.C., JOHNSON-LAIRD, P.N. (1972). **Psychology or Reasoning: Structure and Content**. London, Batsford.

WEBB, N.L. (1979). Processes, Conceptual and Mathematical Problem-Solving Ability. **Journal for Research in Mathematics Education**, Vol. 10, # 2, p. 83-93. March.

WEBB, R.A. (1974). Concrete and Formal Operations in very bright six-to-eleven year olds. **Human Development**, Vol. 17, p. 292-300.

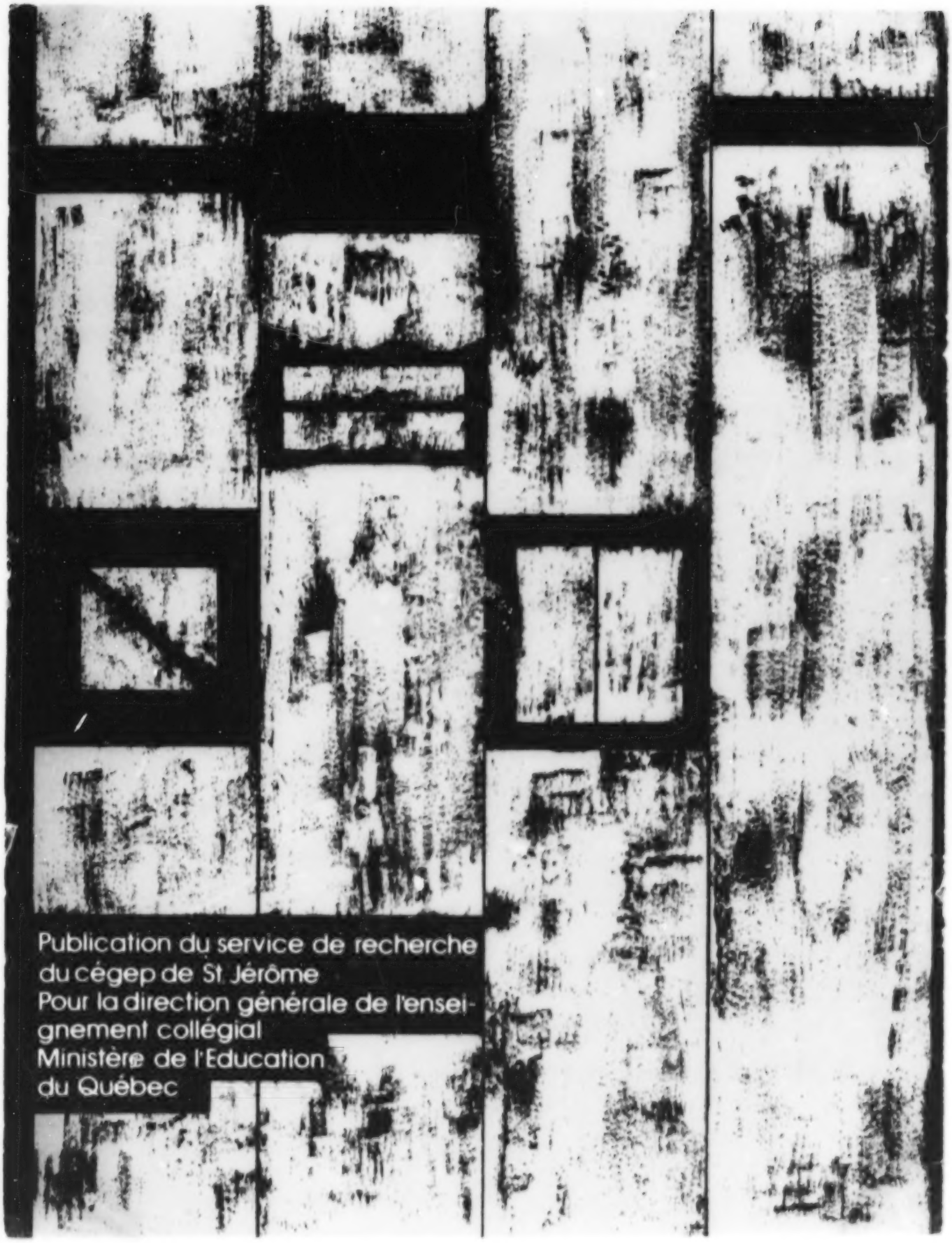
WEITZ, L.J., BYNUM, T.W., THOMAS, J.A., STIEGER, J.A. (1973). A Piaget's System of 16 Binary Operations: An Empirical Investigation. **Journal of Genetic Psychology**, Vol. 123, p. 279-284.

WINNYKAMEN, F. (1973). **Modalités de l'activité du sujet dans l'acquisition de connaissances**. Editions du Centre National de la recherche scientifique. Paris.

WITKIN, H.A., MOORE, C.A., GOODENOUGH, D.R., COX, D.W. (1977). Field-Dependant and Field-Independant Cognitives Styles and their Educational Implications. **Review of Educational Research**, Vol. 47, # 1, p. 1-64.

WOHWILL, J.F. (1973). **The Study of Behavioral Development**. Academic Press: New-York, London.

WOZNY, C.D. (1974). The effects of Culture and Education on the Acquisition of Formal Operational Thinking. Unpublished doctoral Dissertation, Retgers University. **Dissertation Abstract International**, 34 (7-A), p. 4015.



Publication du service de recherche
du cégep de St Jérôme
Pour la direction générale de l'enseignement collégial
Ministère de l'Education
du Québec